

*На правах рукописи*



**Баканев Сергей Викторович**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАПАСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ  
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ**

1.5.16 – гидробиология

**АВТОРЕФЕРАТ  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК**

Москва, 2022

Работа выполнена в Полярном филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск

Научный консультант: **Буяновский Алексей Ильич**  
доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела гидробионтов прибрежных экосистем ФГБНУ «ВНИРО»

Официальные оппоненты: **Бритаев Темир Аланович**  
профессор, доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологии и морфологии морских беспозвоночных Института проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова Российской академии наук

**Максимович Николай Владимирович**  
профессор, доктор биологических наук заведующий кафедрой ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского государственного университета

**Шибяев Сергей Вадимович**  
профессор, доктор биологических наук заведующий кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры Калининградского государственного технического университета (КГТУ)

Ведущая организация: ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН)

Защита состоится 11 октября 2022 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета 37.1.001.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: г. Москва, 105187, Окружной проезд, 19

Телефон: 8 (985) 987-76-18, электронный адрес [ovilk@mail.ru](mailto:ovilk@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ВНИРО»:  
[http://www.vniro.ru/files/disser/2022/bakanev\\_disser.pdf](http://www.vniro.ru/files/disser/2022/bakanev_disser.pdf)

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат географических наук



Вилкова Ольга Юрьевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Состояние запасов промысловых беспозвоночных и их эксплуатация в Баренцевом море в последние десятилетия претерпевают существенные изменения. В начале XXI в. на смену традиционным объектам промысла – северной креветке *Pandalus borealis* Krøyer, 1838 и исландскому гребешку *Chlamys islandica* (Muller, 1776) – пришли новые для Баренцева моря инвазивные виды ракообразных: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) и краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) (Краб-стригун опилио..., 2016; Камчатский краб..., 2021). Чрезмерный промысел исландского гребешка в конце XX в. привел к подрыву его запасов, на восстановление которых потребуется, возможно, не одно десятилетие (Золотарев, 2016; Баканев, Манушин, 2018). Ежегодный отечественный вылов северной креветки также значительно сократился по сравнению с советским периодом ее эксплуатации. Однако причиной прекращения масштабного промысла креветки является не состояние ее запасов, а ряд экономических факторов, уменьшающих заинтересованность рыбаков в развитии промысла (Беренбойм и др., 2006; Баканев и др., 2014). Несмотря на почти полувековую историю исследований промысловых беспозвоночных в баренцевоморском регионе и интенсивное изучение крабов-вселенцев в последние четверть века, многие вопросы промысловой биологии, в том числе ключевые параметры систем «запас – промысел» этих видов, остаются малоизученными. Это приводит к ошибкам в управлении запасами, которые в виде глобальных (в случае с исландским гребешком) или локальных переловов наблюдались в начале промысловой эксплуатации крабов-вселенцев.

Проблема перелова связана с ошибочным допущением о величине максимального устойчивого долгосрочного вылова при наращивании интенсивности промысла (Бабаян, 2000). Актуальность этой проблемы возрастает, так как за последние пять лет ежегодный отечественный вылов промысловых беспозвоночных в Баренцевом море и сопредельных водах увеличился с 18 до 46 тыс. т и в 2019 – 2020 гг. составил 17 – 18% от общего российского вылова промысловых беспозвоночных. Причины увеличения вылова ракообразных связаны как с устойчивым ростом сырьевой базы промысла крабов-вселенцев, так и с возобновлением интереса рыбаков к традиционному объекту промысла – северной креветке. В то же время потенциал интенсификации промысла этих видов еще не исчерпан и определение его уровня, обеспечивающего максимальный долгосрочный вылов, является первостепенной задачей для их рационального использования. В связи с этим разработка стратегии управления запасами беспозвоночных Баренцева моря в рамках концепций максимального устойчивого улова и предосторожного подхода к его оценке приобретает особую актуальность.

Эксплуатация отечественных запасов беспозвоночных до недавнего времени выполнялась без использования формализованных стратегий, правил и ориентиров управления. По существу, вся стратегия управления промыслом сводилась к предотвращению перелова с помощью общего допустимого улова (ОДУ) и технических мер регулирования, включая ограничения пространственно-временных рамок промысла. В феврале 2015 г. издан приказ Федерального агентства по рыболовству № 104, определивший новые научно-методические требования к материалам, обосновывающим ОДУ, отвечающие современным мировым стандартам. Кроме того, в 2015 г. в целях обеспечения прозрачности и точности определения ОДУ, а также повышения эффективности управления ресурсами, по поручению Росрыболовства разработали документ «Правила регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» под редакцией д.б.н. В. А. Бизинова (ФГБНУ «ВНИРО»). В основе документа – основные принципы управления, которые более четверти века использовались в международной

практике при эксплуатации запасов гидробионтов (UNCLOS, 1982; FAO, 1993).

Указанные документы не охватывают все методологические вопросы и специфику эксплуатируемых популяций беспозвоночных, в том числе баренцевоморских. Остались проблемы оценки биологических ориентиров управления, тестирования правил регулирования промысла (ППП), оценки минимального промыслового размера гидробионтов и др. Таким образом, актуальность данной работы связана с разработкой новых принципов рациональной эксплуатации промысловых беспозвоночных в российских водах Баренцева моря, научное обоснование которых представлено в диссертации.

**Цель и задачи исследования.** Разработать теоретические основы рациональной эксплуатации запасов промысловых беспозвоночных в российских водах Баренцева моря.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выявить основные закономерности пространственно-временной организации популяций промысловых беспозвоночных и истории их промысла в Баренцевом море.

2. Оценить возможность применения регрессионных методов, а также продукционных и когортных моделей для оценки состояния запасов беспозвоночных при разном уровне их информационного обеспечения (на примере запаса камчатского краба).

3. Разработать серию продукционных моделей динамики запаса и с их помощью оценить биологические ориентиры и устойчивость запасов промысловых беспозвоночных к интенсивности промысловой эксплуатации.

4. Разработать алгоритм оценки ППП запасов беспозвоночных в Баренцевом море и провести анализ целесообразности использования отдельных его компонентов с точки зрения обеспечения устойчивого развития промысла (на примере запаса камчатского краба).

5. Оценить оптимальный промысловый размер гидробионта в рамках концепции максимального устойчивого улова при различных уровнях промысловой эксплуатации (на примере запаса камчатского краба).

6. Предложить научно обоснованную стратегию регулирования промысла беспозвоночных Баренцева моря.

**Научная новизна.** Впервые разработана и формализована стратегия управления запасами промысловых беспозвоночных Баренцева моря с учетом их разного уровня информационного обеспечения. Определен оптимальный (по критерию максимального вылова) уровень эксплуатации запасов и выработаны рекомендации, способствующие рациональному ведению промысла. На основе статистического анализа систем «запас – промысел», обобщены и проанализированы результаты многолетних исследований баренцевоморских запасов северной креветки, исландского гребешка, камчатского краба и краба-стригуна опилю. На основе математического моделирования изучена популяционная динамика этих видов, а также рассмотрено воздействие промысла на величину их запасов. На основе стохастических продукционных моделей предложен метод оценки численности и определения общего допустимого улова промысловых беспозвоночных в российских водах Баренцева моря.

Впервые определена промысловая численность популяций крабов-вселенцев в Баренцевом море и реконструирована их динамика на протяжении 25 лет. На примере популяции краба-стригуна опилю с использованием эколого-математических моделей распределения вида (*species distribution models*) выявлены факторы, влияющие на акклиматизацию этого беспозвоночного в баренцевоморском регионе. На примере популяции камчатского краба разработана имитационная модель системы «запас – промысел», позволяющая выполнить оценку его оптимального промыслового размера и

влияния различных режимов эксплуатации на объем вылова и состояние популяции.

На примере популяций северной креветки и камчатского краба предложен немодельный подход к оценке биологических ориентиров управления и разработке ПРП. В условиях недостаточной информационной обеспеченности отказ от использования аналитических моделей в пользу трендовых методов возможен без существенного ущерба для научных рекомендаций. При этом состояние запаса может оцениваться в контексте требований менеджмента для обеспечения долгосрочной устойчивой эксплуатации, а предоставляемые рекомендации вырабатываются на основе предосторожного подхода и парадигмы максимального устойчивого улова.

**Степень разработанности.** В мировой практике научные основы рациональной эксплуатации запасов беспозвоночных разрабатывались в рамках концепций и положений «формальной теории жизни рыб», сформулированных Ф.И. Барановым ещё в начале XX в. (Шибяев, 2017). Ф.И. Барановым (1918) были заложены все основные элементы теории рыболовства, которые в последствии получили развитие в трудах западных авторов (Russel, 1931; Schaefer, 1954; Murphy, 1965; Jones, 1974; Pope, 1972; Рикер, 1979; Shepherd, 1982; Hilborn, Walters, 1992). С начала 90-х годов прошлого столетия принципы изменения численности поколений, разработанные Ф. И. Барановым, стали с успехом применяться в моделировании динамики численности крабов и креветок (Collie, 1991; Kruse, Collie, 1991; Zheng et al., 1995; Quinn et al., 1998; Cadrin, 2000). В это же время для оценки динамики запасов беспозвоночных начинают широко использовать более простые производственные подходы (Stocker, Butler, 1990; Hoenig et al., 1994).

Со второй половины XX в. проблемами рационализации эксплуатации гидробионтов, а также математическим моделированием систем «запас – промысел» занимаются отечественные исследователи (Андреев, 1969; Никольский, 1974; Засосов, 1976; Булгакова, 1978; Бабаян, 1982; Гасюков и др., 1980; Криксунов, Снетков, 1980; Малкин, 1999; Васильев, 2000). Несмотря на существенное внимание к проблеме рациональной эксплуатации гидробионтов, отечественные работы, посвященные запасам беспозвоночных, в литературе тех лет представлены крайне мало. Отдельным аспектам рационального промысла беспозвоночных дальневосточных морей были посвящены работы Л.Г. Виноградова (1941), В. Е. Родина (1985), Б.Г. Иванова (1994 а, б), В. С. Левина (1994). Некоторыми элементами рационального использования северной креветки, камчатского краба и исландского гребешка в Баренцевом море в конце XX в. занимались С.Г. Денисенко (1989), Б.И. Беренбойм (1992), А. М. Сенников и Т.Э. Близниченко (1992), О. В. Герасимова и С.А Кузьмин (1997).

Современные подходы к оценкам отечественных запасов беспозвоночных начали использоваться только к началу XXI в. Однако публикаций даже по дальневосточному бассейну в литературе встречается крайне мало: А. А. Михеев (1999; 2003), А.И. Буяновский (2012), О.И. Ильин, П.Ю. Иванов (2015), И.С. Черниенко (2016). В настоящее время единственной обобщающей и концептуальной работой о рациональном использовании беспозвоночных является статья Д.О. Алексеева, А.И. Буяновского и В.А. Бизикова «Принципы построения единой стратегии регулирования промысла крабов и крабоидов в морях России» (2017).

### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Оценку ПРП беспозвоночных Баренцева моря необходимо выполнять с учетом особенностей биологии и промысла, концепций максимального устойчивого улова и предосторожного подхода, опираясь на модельные методы, учитывающие уровень информационного обеспечения каждой единицы запаса. В условиях низкой информационной обеспеченности оценка биологических ориентиров выполняется «немодельными» (индикаторными, трендовыми, статистическими) методами.

2. Использование стохастических продукционных и когортных методов позволяет с максимальной точностью оценить параметры моделируемого запаса камчатского краба, научно обосновать промысловую меру, определить ориентиры управления и усовершенствовать биологически обоснованную схему регулирования его промысла.

3. Скорость распространения краба-стригуна в Баренцевом море зависит от придонной температуры воды. Похолодание будет способствовать дальнейшей экспансии краба в западном направлении. При повышении средней придонной температуры экспансия замедлится, а площадь распространения краба при его полной акклиматизации может увеличиться незначительно по сравнению с современным ареалом.

4. Межгодовая изменчивость величины запаса северной креветки в значительной степени зависит от естественных причин (уровней пополнения и смертности, хищничества трески), нежели от современного воздействия промысла. Существенная пространственная изменчивость ареала с многочисленными промысловыми скоплениями и центрами воспроизводства в совокупности с низким уровнем промысловой эксплуатации затрудняет моделирование запаса как единой популяции в системе «запас – промысел». В то же время с учетом незначительного воздействия промысла на запас в настоящее время возможен отказ от использования аналитической модели в пользу простых трендовых методов без существенного ущерба для научных рекомендаций.

5. Уменьшение запаса исландского гребешка вплоть до его депрессивного состояния обусловлено промысловой активностью, при которой прямое изъятие гидробионта оказалось не столь губительно, по сравнению с косвенной промысловой смертностью, ставшей причиной ухудшения общей санитарной обстановки на акватории поселения. Моделирование динамики показало, что продуктивность запаса в настоящее время очень низкая, поэтому его восстановление до биологически безопасного уровня займет, вероятно, не менее 15 – 20 лет.

**Теоретическое и практическое значение работы.** Разработана теоретическая основа для регулирования промысла крабов-вселенцев, при котором адаптивный режим управления рекомендован на ранних этапах эксплуатации с последующей его заменой на зональный (предосторожный) принцип управления с комплексом ограничений по сезонам и районам промысла.

Обосновано использование продукционного подхода в рамках концепции максимального устойчивого улова для запасов промысловых видов-вселенцев в ходе их натурализации. Популяционная динамика согласуется с основными положениями теории акклиматизации гидробионтов, сформулированными А.Ф. Карпевич (1975).

Результаты исследований используются при оценках состояния запасов, подготовке годовых прогнозов возможного вылова (ВВ) и ОДУ промысловых беспозвоночных Баренцева моря и сопредельных вод. Результаты по оценке численности были приняты базисными при подготовке в 2005 – 2008 гг. рекомендаций ПИПРО для Смешанной российско-норвежской рыболовной комиссии (СРНК) по регулированию промысла камчатского краба в Баренцевом море.

Полученные данные использовались при разработке правил регулирования промысла, впервые опубликованных в методическом руководстве «Правила регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» под редакцией В.А. Бизикова (ФГБНУ «ВНИРО»), утвержденном на заседании Совета директоров рыбохозяйственных институтов при заместителе министра сельского хозяйства Российской Федерации – руководителе Федерального агентства по рыболовству (Протокол от 30 июня 2016 г. № 8). Данные об оценке состояния запаса и промысла

северной креветки в российских водах служат для обоснования российской позиции в рамках Рабочей группы НАФО/ИКЕС по оценке запасов северной креветки (NIPAG), а также на встречах Рабочей группы ИКЕС по крабам (WGCRAB).

Количественные оценки состояния запасов, а также оценки приловов беспозвоночных на промысле донных рыб служат основой для разработки технических мер регулирования, в том числе ограничений по районам и сезонам промысла.

**Степень достоверности.** Используются оригинальные данные экспедиционных и лабораторных исследований, проводимых в соответствии с принятыми методами сбора и обработки материала (Инструкции..., 2001). Достоверность результатов базируется на использовании стандартных методов исследований при изучении экосистем рыбохозяйственных водоемов, (Cochran, 1963; Инструкции..., 2004), статистической обработке биологических данных (Лакин, 1990; Ивантер, Коросов, 2003), положениях теории промышленного рыболовства (Хилборн, Уолтерс, 2001; Шibaев, 2007), концепциях предосторожного подхода и максимального устойчивого вылова (Бабаян, 2000), популяционной экологии (Одум, 1986).

**Апробация работы.** Результаты исследований обсуждались на научных коллоквиумах лаборатории промысловых беспозвоночных ПИНРО; заседаниях Ученых советов ПИНРО и ВНИРО, а также отчетных сессиях ПИНРО по итогам НИР (2005–2018 гг.) и ВНИРО (2022 г.). Основные положения работы представлены на семинарах по изучению современных методов оценки запасов и рационального использования водных биоресурсов (ВБР) в 2009 – 2018 гг., заседаниях секции промысловых беспозвоночных и водорослей Межведомственной ихтиологической комиссии (МИК) в 2010 и 2017 гг., VII, IX Всероссийских конференциях по промысловым беспозвоночным (2006 – 2020 гг.), российско-норвежских симпозиумах по крабам-вселенцам в 2005, 2010, 2019 гг. (г. Тромсё, Норвегия); на XII, XIV, XVI, XVII российско-норвежских симпозиумах (г. Тромсё, Норвегия, 2007; г. Москва, 2009; г. Сочи, 2013; г. Берген, Норвегия, 2016), международной конференции Arctic Frontiers в 2009 и 2013 гг. (Тромсё, Норвегия), международной конференции, посвященной 150-летию севавтопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий» (13–18 сентября 2021 г., Севастополь). Результаты исследований были также представлены на совместных Рабочих группах ИКЕС/НАФО по оценке запасов северной креветки (NIPAG) в 2000–2020 гг., Рабочих группах ИКЕС по крабам (WGCRAB) в 2010–2013 гг., на Рабочих группах по изучению инвазивных видов Арктики (г. Стокгольм, Швеция, 2014; г. Копенгаген, Дания, 2017).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 53 работы, в том числе 17 в изданиях, рекомендованных ВАК, 4 коллективные монографии и 1 монография одного автора.

**Структура и объем диссертации.** Работа изложена на 386 страницах и состоит из введения, 5 глав, выводов и списка литературы. Текст работы проиллюстрирован 100 рисунками и включает в себя 54 таблицы. Список цитированной литературы состоит из 475 наименований, в том числе 280 на иностранных языках.

**Личный вклад.** Диссертационная работа является результатом многолетних исследований (1996 – 2021 гг.), выполненных лично автором и в рамках совместной деятельности с коллегами. Автор принимал участие во всех этапах исследования, включая сбор и обработку материалов в 18 морских экспедициях (в 9 из которых являлся начальником рейса) по оценке запасов камчатского краба и северной креветки. Автором определена актуальность темы и реализованы задачи исследований, выполнены анализ данных и интерпретация результатов, выработаны рекомендации и сформулированы выводы.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность всем сотрудникам Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО», помогавшим ему при сборе данных в ходе морских экспедиций и обработке полученных материалов, особую благодарность сотрудникам: Б. И. Беренбойму, А. В. Долгову, Ю. Е. Жаку, Ю. А. Ковалеву, И. Е. Манушину, В. А. Павлову, Д. В. Прозоркевичу, Т. А. Прохоровой, К. М. Соколову, А. В. Стесько, Н. А. Стрелковой, А. А. Четыркину, Н. А. Ярагиной. Автор чрезвычайно признателен научному консультанту Буяновскому Алексею Ильичу.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Физико-географические условия формирования скоплений промысловых беспозвоночных в Баренцевом море**

В главе приведена краткая характеристика основных океанологических условий Баренцева моря, наиболее существенно влияющих на особенности биологии и эксплуатации запасов промысловых беспозвоночных. В первую очередь это рельеф дна, состав грунта, циркуляция, а также температура и соленость водных масс.

Район, рассматриваемый в работе, может характеризоваться наличием большого количества различных по океанографическим характеристикам водных масс. Яркие выраженные фронтальные зоны в районах взаимодействия теплых высокосолёных атлантических вод с холодными водами арктического происхождения в совокупности с подходящим рельефом дна, составом грунта и благоприятными температурными условиями обеспечивают продуктивную жизнедеятельность гидробионтов, в том числе и промысловых беспозвоночных в Баренцевом море.

Относительно мелководные и глубоководные фронтальные зоны обеспечивают оптимальные биотические условия для формирования промысловых скоплений исландского гребешка и северной креветки соответственно. Холодные воды арктического бассейна создают благоприятную среду для дальнейшего расселения и увеличения промыслового запаса краба-стригуна опилио. Обширные мелководные и теплые участки шельфа юго-восточной части Баренцева моря обеспечивают оптимальные условия для формирования высокоплотных устойчивых промысловых скоплений камчатского краба.

### **Глава 2. Материалы и методы**

В работе использовались данные, собранные в ходе 108 специализированных и комплексных экспедиций в Баренцевом море и сопредельных водах с 1984 по 2020 г. В 18 рейсах материал был собран при непосредственном участии автора. Всего проанализировано 894 тыс. экз. беспозвоночных из 25385 траловых и ловушечных станций (табл. 1). Кроме того, в 42 научно-промысловых рейсах наблюдатели проанализировали свыше 516 тыс. особей камчатского краба, 28 тыс. экз. северной креветки, 78 тыс. экз. краба-стригуна опилио и 98 тыс. экз. исландского гребешка.

Районы исследований северной креветки и краба-стригуна опилио фактически совпадали с акваторией Баренцева моря, на которой с 2004 г. судами России и Норвегии проводятся ежегодные комплексные экосистемные съемки. Специализированные исследования камчатского краба и исландского гребешка выполнялись в юго-восточной части Баренцева моря преимущественно на их промысловых скоплениях (рис. 1).



Характеристика использованного материала, собранного во время исследовательских съемок в 1984 – 2020 гг.

Вид	Годы исследований	Количество		
		экспедиций	станций	промеренных особей, тыс. экз.
Северная креветка	1984 – 2020	37*	9343	471
Исландский гребешок	1987 – 2017	31	7949	98
Камчатский краб	1994 – 2020	36	7240	301
Краб-стригун опилио	2004 – 2020	21*	7900	24

\* В том числе 17 совместных российско-норвежских экосистемных съемок

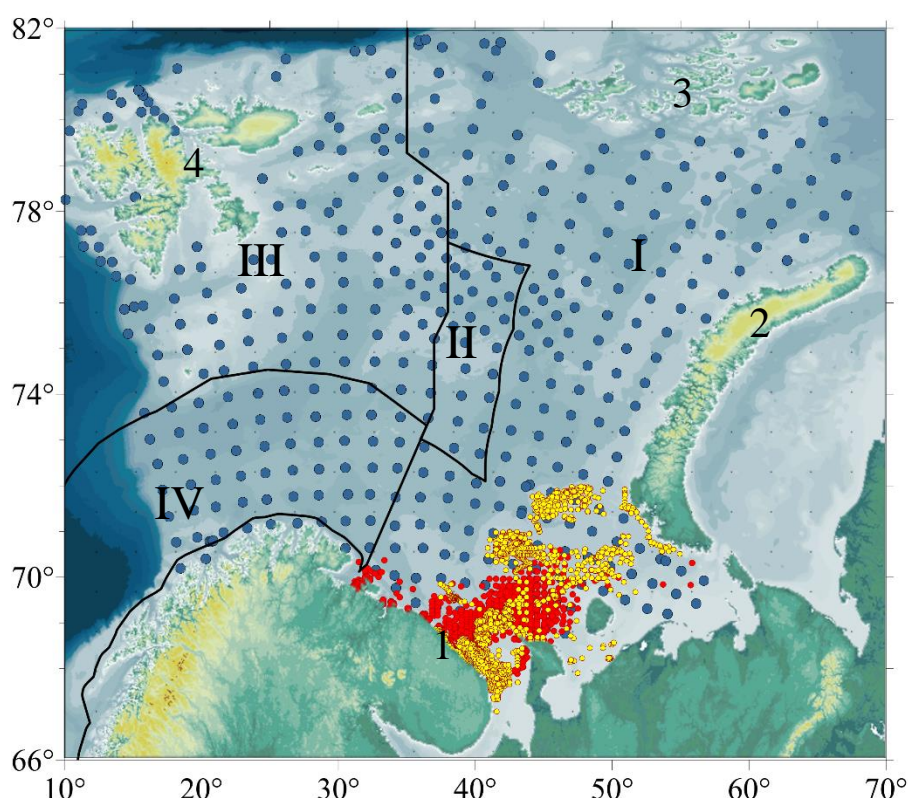


Рис. 1. Положение траловых и ловушечных станций в ходе исследований северной креветки и краба стригуна-опилио (синие точки), камчатского краба (красные точки) и исландского гребешка (желтые точки) в Баренцевом море в 2010 – 2020 гг.: I – исключительная экономическая зона (ИЭЗ) РФ, II – открытая часть Баренцева моря, III – район архипелага Шпицберген, IV – ИЭЗ Норвегии, 1 – Кольский полуостров, 2 – архипелаг Новая Земля, 3 – архипелаг Земля Франца-Иосифа, 4 – архипелаг Шпицберген

Сбор и обработка биологического материала в съемках выполнялись в соответствии с методиками, принятыми в Полярном филиале ФГБНУ «ВНИРО» (Инструкции и методические рекомендации..., 2001). Расчеты индексов численности и биомассы осуществлялись согласно стандартной методике, разработанной для стратифицированных съемок гидробионтов (Cochran, 1963). С 2010 г. параллельно со стратифицированным методом расчеты выполняли методом 2D-сплайна (без учета глубины) с дополнительным анализом методом *Bootstrap* и определением минимального, среднего и максимального индексов промыслового запаса в программе ГИС «Картмастер 4.1» (Бизиков и др., 2007).

Расчеты индексов численности беспозвоночных по стратам и районам производились отдельно по полу и функциональным группам (категориям): промысловые, непромысловые, половозрелые и неполовозрелые особи. Кроме того, деление на функциональные группы камчатских крабов основывалось на особенностях биологии и промысла дальневосточных крабов семейства *Lithodidae*, в которое входит и камчатский краб. Промысловая часть популяции, состоящая из крупных самцов, делится на две группы: *рекруты (RE)* и *пострекруты (PO)*. *RE* – это крабы с новым карапаксом, пополнившие промысловый запас в год оценки запаса. Рекруты принадлежат к размерной группе, начало которой равно минимальному промысловому размеру, а длина интервала размерной группы соответствует средней длине прироста рекрута за одну линьку (21 мм по ширине карапакса (Nilssen, Sundet, 2006)). *PO* – крабы, пополнившие промысловый запас ранее текущего года оценки. Пострекруты – это все промысловые крабы со старым карапаксом, а также особи с новым панцирем, имеющие размеры большие, чем рекруты. *Пререкруты (PR)* принадлежат размерной группе, конец интервала которой граничит с минимальным промысловым размером, а длина интервала соответствует средней длине прироста пререкрута за одну линьку.

Разделение на неполовозрелых («узкопалых») и половозрелых («широкопалых») самцов краба-стригуна опилю проводили на основании данных группового роста краба (Михайлов и др., 2003; Карасев, 2014; Буяновский, Горянина, 2018). Для анализа динамики запаса краба-стригуна опилю непромысловых «узкопалых» самцов разделяли на следующие категории: молодь (самцы с ШК менее 70 мм), пререкруты II (самцы с ШК 70 – 85 мм), пререкруты I (самцы с ШК более 86 мм).

Оценка уловов северной креветки в ходе съемки производилась в рамках стандартной методики обработки улова. Для проведения биологического анализа случайным образом отбиралась навеска креветки массой 1 кг, при величине улова менее 1 кг анализировались все особи. Анализ включал в себя измерение длины (от глазной выемки до заднего края карапакса с точностью до 0,1 мм), определение пола и стадий зрелости гонад, стадии линьки.

Расчет индекса и анализ структуры запаса исландского гребешка выполняли по категориям: молодь с высотой раковины менее 60 мм, пререкруты (высота раковины 60 – 79 мм) и промысловые особи с высотой раковины 80 мм и более (Золотарев, 2015).

Для создания временных рядов промысловых данных использовали базу данных, сформированную на основе судовых суточных донесений (ССД), поступающих через отраслевую систему мониторинга ВБР от ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи». Анализировали информацию каждой промысловой операции, включая следующие характеристики: бортовой номер судна, дата операции, тип трала, продолжительность траления, тоннаж судна, координаты, глубина, вылов (т) гидробионта. Промысловая база данных содержала информацию о 189636 промысловых операций. Для стандартизации улова на усилие (CPUE) по каждому виду использована обобщенная линейная модель (Gavaris, 1980; Баканев, 2019), при этом каждой операции были присвоены следующие категории (факторы): год, месяц, судно, тип трала, промысловый район, глубина. Реализация модели и анализ суммарной статистики проводили с помощью встроенных функций статистического пакета R, а также библиотеки *influe* (Bentley et al., 2012). Оценка адекватности тестируемых вариантов модели исходным значениям уловов на усилие выполнялась по результатам анализа дисперсий (ANOVA) и сопоставлению значений критерия Акайке, «штрафующим» за избыток неизвестных параметров. Тестирование моделей выполнялось с помощью программных модулей среды R «ANOVA» и «AIC» (Бабаян и др., 2014).

Для оценки встречаемости краба-стригуна опилю в Баренцевом море и анализа

факторов среды, определяющих успешность акклиматизации, было использовано семейство картографических моделей распределения вида *SDM (species distribution models)*, реализованных в библиотеке *Biomod2* статистической среды R. В качестве оценки влияния того или иного фактора на распределение вида использована расчетная доля вклада каждой переменной, полученная с помощью процедуры пермутации (Fisher, 1935). Суть метода состоит в анализе корреляционной связи между прогнозными значениями двух вариантов модели: с обычным набором независимых переменных и при замещении исследуемой переменной ее рандомизированным аналогом. При этом чем ниже корреляция, тем выше влияние исследуемой переменной и наоборот (Mielke, Berry, 2001).

Формирование базы картографических данных, геостатистические расчеты параметров и визуализацию результатов выполняли с помощью библиотек *PBSmapping* и *geosphere* статистической среды R.

Для оценки запаса, динамики численности, расчета ОДУ и ориентиров управления использовалась **продукционная** модель Шефера (Schaefer, 1954), а также две модели, основанные на динамике численности размерных групп: **LBA (length-based analysis)**, состоящая из 12 размерных групп (Zheng et al., 1995; Баканев, 2011) и **CSA (catch survey analysis)**, включающая 3 размерные группы (Zheng et al., 1997; Баканев, 2008). В работе для моделирования динамики используется байесовский подход (Hvingel, Kingsley, 2006; Баканев, 2011). Алгоритмы вычисления и диагностика были реализованы в программе *OpenBUGS vers. 3.2.1* ([www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs](http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs)). На первом этапе проводилась предварительная (априорная) оценка параметров модели, на втором окончательные (апостериорные) распределения вероятных значений параметров оценивались с учетом как эмпирических данных о численности, так и предварительно заданных распределений вероятных значений параметров. Эмпирическими данными в этом случае служили индексы численности краба, оцененные по результатам исследовательских съемок, и стандартизированные ряды CPUE.

Кроме того, для оценки промысловой части популяции камчатского краба и краба-стригуна опилио использовалась регрессионная модель **истощения Лесли**, реализованная в библиотеке *fishR* статистической среды R. (Баканев, 2015).

При оценке ориентиров управления в рамках продукционной модели Шефера использованы следующие общепринятые в рыбопромысловом прогнозировании сокращения (Бабаян, 2000; Шибаев, 2007; Алексеев и др., 2017):

$B_{MSY}$  – значение промысловой биомассы, соответствующее максимальному устойчивому улову ( $MSY$ ), которое в данной работе соответствует целевому ориентиру по биомассе  $B_{tr}$ ;

$B_{lim}$  – граничное значение биомассы, ниже которого имеется существенное увеличение вероятности получения бедного пополнения;

$F_{MSY}$  – значение промысловой смертности, при котором достигается максимальный устойчивый вылов, которое в данной работе соответствует целевому ориентиру по эксплуатации или доли изъятия от запаса  $E_{tr}$ .

$B_{pa}$  – предосторожный биологический ориентир, значение биомассы, при котором низка вероятность того, что фактическое значение биомассы будет ниже уровня  $B_{lim}$ .

Оценка правила регулирования промысла (ПРП) камчатского краба выполнена в рамках модели *CSA*, описанной выше и реализованной в MS Excel как имитационная модель динамики биомассы промыслового запаса камчатского краба, состоящего из двух групп (рекрутов и пострекрутов). В качестве критерия предосторожности ПРП принято условие, что вероятность (риск) снижения биомассы промыслового запаса ниже ориентира управления  $B_{lim}$  не должна превышать 5% (по аналогии с общепринятыми в мировой и

отечественной практиках подходами к управлению) (Бабаян, 2000).

При разработке методических подходов рациональной эксплуатации запасов промысловых беспозвоночных учитывался их уровень информационной обеспеченности данными. Для каждого из них рекомендованы свои методы оценки состояния запаса: от использования когортных моделей при наилучшем (первом) уровне до инерционного прогнозирования или экспертных оценок при низшем (третьем) уровне (Бабаян, 2000; Алексеев и др., 2017).

### Глава 3. Промысловая биология донных беспозвоночных Баренцева моря

В Баренцевом море встречаются около 20 видов промысловых и потенциально промысловых беспозвоночных. Однако за последнее десятилетие в российской части этого региона интенсивно добывали всего четыре вида: северная креветка, исландский гребешок, камчатский краб и краб-стригун опилио. Отечественный ежегодный вылов этих объектов за последние 20 лет варьировал от 5 до 47 тыс. т (рис. 2). На рубеже XX – XXI в. основу промысла составляли аборигенные виды: северная креветка и исландский гребешок. С 2005 г. основным объектом промысла стал акклиматизированный в Баренцевом море камчатский краб. В последние три года стремительно развивается промысел еще одного чужеродного вида – краба-стригуна опилио, отечественный вылов которого в 2020 г. превысил вылов камчатского краба и составил 13 тыс. т.

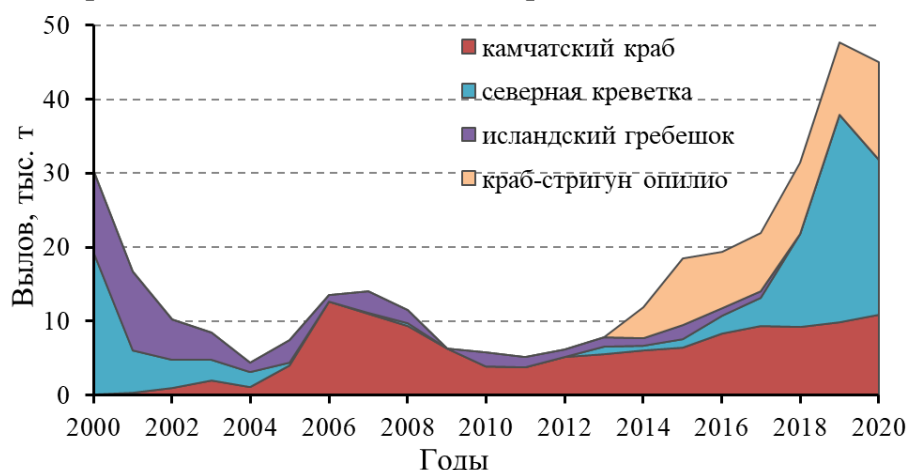


Рис. 2. Динамика отечественного вылова промысловых беспозвоночных в Баренцевом море в 2000 – 2020 гг.

В главе рассмотрены распределение запасов, некоторые популяционные характеристики и особенности жизненных циклов промысловых беспозвоночных в Баренцевом море, а также их промысел.

#### 3.1. Камчатский краб

Интродукция *P. camtschaticus* в Баренцевом море была осуществлена в 60-е годы прошлого столетия. Первые поимки отмечены с середины 70-х годов. На основании фактов неоднократной поимки крабов специалисты сделали вывод о том, что интродуценты могут жить в условиях Баренцева моря (Козлов, Строгонова, 1977; Орлов, 1978; Сенников, 1977; Orlov, Ivanov, 1978).

За период исследований структура популяции камчатского краба претерпела существенные изменения (рис. 3). Активное расселение краба стало отмечаться с начала

90-х гг. прошлого столетия. По данным первой специализированной съемки 1994 г., наибольшая численность камчатского краба была в юго-западных районах ИЭЗ России Баренцева моря (Варангерфьорд и Мотовский залив). В 1995 – 1999 гг. наблюдалась миграция краба в восточном направлении с активным освоением Западного Прибрежного и Восточного Прибрежного районов. Основу уловов в этих районах составили непромысловые самцы и неполовозрелые самки. Численность крабов остальных категорий была крайне низкой.

С 2000 г. основные скопления регистрируются в прибрежных районах Восточного Мурмана (Восточный Прибрежный район) и на Мурманском мелководье. В конце 2010-х годов отмечается дальнейшее смещение ядра промысловой части популяции в восточном направлении (в открытые воды Мурманского мелководья и Канинской банки), где сформировалась мощная нагульная группировка взрослых особей, вплоть до настоящего времени составляющая основу всего промысла камчатского краба в Баренцевом море.

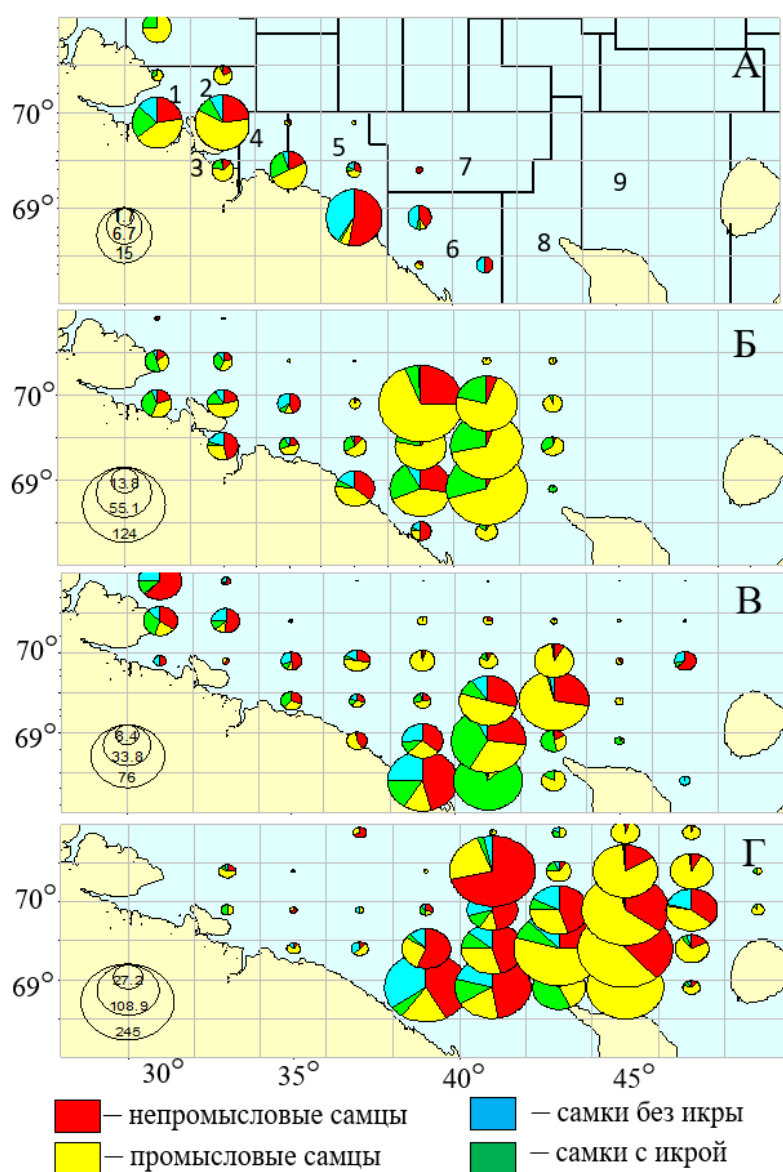


Рис. 3. Средние уловы камчатского краба (экз./ч. траления) различных категорий на юге Баренцева моря по данным исследовательских съемок в 1994 – 1999 гг. (А), 2000 – 2005 гг. (Б), 2006 – 2012 гг. (В), 2017 – 2020 гг. (Г): 1– Варангерфьорд; 2 – Рыбачья банка; 3 – Мотовский залив; 4 – Кильдинская банка; 5 – Западный Прибрежный район; 6 – Восточный Прибрежный район; 7 – Мурманское мелководье; 8 – Канинская банка; 9 – Канино-Колгуевское мелководье

По результатам специализированных съемок камчатский краб встречался в районах с придонными температурами от  $-0,97$  до  $+8,70^{\circ}\text{C}$ . Подавляющее большинство крабов в осенний период предпочитает районы с придонными положительными температурами от  $+2,5$  до  $+5,5^{\circ}\text{C}$ . Весной диапазон температур в этих районах смещался в сторону низких значений с интервалом от  $-0,97$  до  $+4,03^{\circ}\text{C}$ . В российских водах Баренцева моря краб отмечался на глубинах от 0,5 до 343 м. Минимальные глубины ограничивались литоральной зоной (фактически урезом воды). Максимальные глубины, на которых обитал краб, соответствуют максимальным глубинам прибрежной зоны Западного Мурмана. Промысловые самцы, неполовозрелая молодежь, а также пререкуты-1 и -2 распределялись равномерно во всем диапазоне глубин (рис. 4).

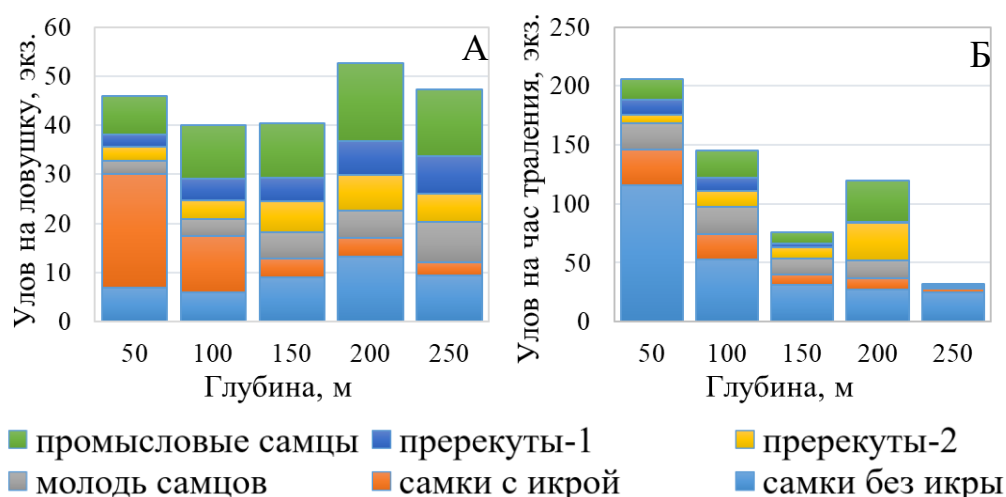


Рис. 4. Размерно-функциональный состав уловов камчатского краба в прибрежной зоне (А, экз./ловушку) и открытом море (Б, экз./ч. траления) по диапазонам глубин на юге Баренцева моря по данным исследовательских съемок в 2012 – 2020 гг.

Анализ функциональной структуры показал, что промысловые самцы образуют единые скопления с пререкутами-1 ( $r=0,56$ ;  $p<0,05$ ), в меньшей степени они связаны с пререкутами-2 ( $r=0,26$ ;  $p<0,1$ ) и молодежью ( $r=0,07$ ;  $p<0,1$ ). Неполовозрелая молодежь самцов (с ШК  $<109$  мм) тесно агрегирует с самками аналогичных размеров ( $r=0,96$ ;  $p<0,05$ ). Молодь с ШК 40 – 60 мм обычно держится в непосредственной близости от берега (до 25 км). Молодь свыше 80 мм по ШК начинает активно мигрировать, удаляясь от берега на 200 – 250 км и спускаясь на глубоководные участки. Достигая половозрелости, крабы образуют, как правило, обособленные скопления, в которых самки с икрой в большей степени держатся отдельно на мелководьях (средние глубины 30 – 80 м), совершая не столь удаленные от берега миграции (до 100 км) (рис. 5). Функциональная половая зрелость у них наступает при ШК  $>100$  мм, а размер 50%-ного созревания равен 120 мм.



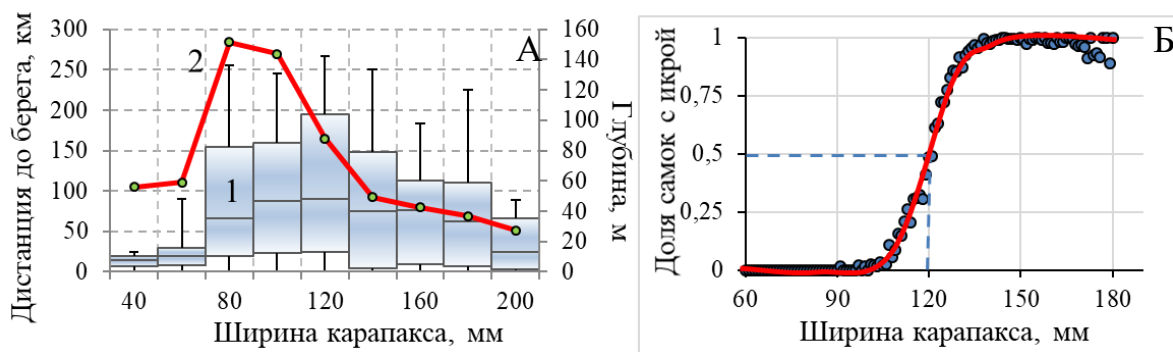


Рис. 5. Соотношение между размерами самок камчатского краба (ШК) и их распределением по удаленности от берега: 1 – прямоугольники с горизонтальной чертой – диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей – 95%-ый доверительный интервал, горизонтальная черта – средняя дистанция от берега и по глубине: 2 – средняя величина (А), а также огиба половозрелости – зависимость доли самок с икрой от размеров их карапакса (Б)

Временные ряды популяционных параметров запаса камчатского краба, полученные в ходе исследовательских съемок и промысла за последнее десятилетие, показывают удовлетворительное состояние запаса с 2014 г. (табл. 2). Существенный рост наблюдается в динамике индексов численности промысловых самцов и икранных самок, рассчитанных по данным исследовательских съемок. Результаты мониторинга и промысловой статистики показывают, что рекордная производительность лова отмечалась в 2014 – 2015 гг., при этом доля травмированных особей и яловых самок (без икры с ШК более 130 мм) в 2010 – 2020 гг. сохраняется постоянной.

Таблица 2

Индикаторы\* состояния запаса камчатского краба в российских водах Баренцева моря в 2010 – 2020 гг., оцененные по данным ловушечной съемки (съемка), научного мониторинга промысла (мониторинг) и промысловой статистики (ОСМ)

Источник	Индикатор/год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Съемка	Пром. самцы, млн экз.	5	7	3	8	13	16	24	18	22	18	29
	Пререкруты I и II, млн экз.	18	17	13	6	7	6	14	12	14	11	20
	Самцы - молодь, млн экз.	6	4	1	1	1	1	3	4	1	2	4
	Самки с икрой, млн экз.	5	5	12	31	23	28	73	54	36	45	100
	Самки без икры, млн экз.	15	12	10	3	6	2	10	7	6	5	6
	Наличие травм, %	30	21	20	18	18	23	31	25	27	27	18
	Самки (>130 мм по ШК) без икры, %	1,54	1,34	0,62	4,01	1,11	0,59	1,30	1,88	2,30	0,90	1,86
Мониторинг	Пром. самцы, экз./лов.	4,0	25,4	10,9	18,3	66,9	65,3	39,6	38,9	60,9	47,0	38,5
	экс./лов.	7,4	9,8	2,9	5,6	10,4	16,3	3,0	4,5	11,0	11,9	9,8
	Самцы - молодь, экз./лов.	0,13	1,45	0,24	0,41	0,30	10,85	0,25	0,00	1,39	0,00	0,00
	Самки с икрой, экз./лов.	7,99	0,26	1,40	4,27	1,71	2,71	1,06	0,66	2,33	2,95	0,25
	Самки без икры, экз./лов.	1,31	4,14	5,00	26,93	1,69	6,09	2,24	0,74	1,87	0,81	1,55
	Наличие травм, %	12,95	3,7	3,1	23,4		4,2	8,2	6,1	9,3	11,8	10,4
	Самки без икры, %	6,04	9,96	2,37	0,60	0,15	2,82	0,00	0,37	1,61	5,35	4,48
ОСМ	СРУЕ, кг/лов.	40	49	74	121	178	164	129	133	187	156	150
	Улов на с/с лова, т	4,4	8,2	9,7	17,4	19,7	21,5	18,7	18,5	21,1	19,7	18
	Запас (м-д Лесли), тыс. т	5,8	9,3	18,9	27,2	37,9	26,2	22,2	15,6	19,8	21	21,3
	Площадь запаса (м-д Лесли), т/км <sup>2</sup>	0,06	0,17	0,25	0,49	0,82	0,69	0,37	0,26	0,55	0,42	0,43

\* наилучшим значениям назначен зеленый цвет, средним – желтый, наихудшим – красный.

Камчатский краб в XXI в. стал одним из важнейших промысловых объектов Баренцева моря. Освоение запасов камчатского краба в Баренцевом море российскими и норвежскими рыбаками началось в 1994 г. в национальных экономических зонах в рамках экспериментального промысла (Сенников, 2001). Отечественный промысел в начальный

период (1994 – 1998 гг.) осуществлялся в Варангерфьорде и Мотовском заливе с помощью конических ловушек японского типа и донных тралов в осенне-зимний период (рис. 6). Добычу вели от двух до шести судов разных типов, включая береговые катера, а также средние рыболовные траулеры. Годовой вылов не превышал 70 т.

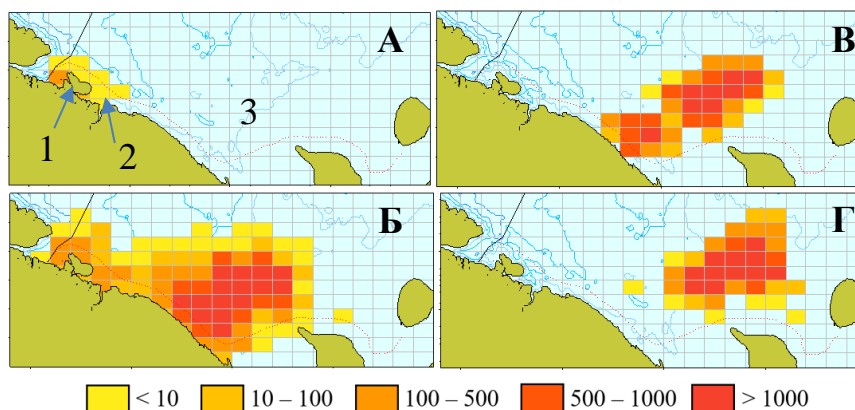


Рис. 6. Картограмма отечественного вылова (т) камчатского краба в прибрежных районах Западного Мурмана: Варангерфьорд (1), Мотовский залив (2) и Восточного Мурмана (3) в 1994 – 2000 (А); 2001 – 2013 (Б); 2014 – 2017 (В); 2018 – 2020 (Г)

С 2001 г. при облове камчатского краба начали использовать специализированные краболовы-процессоры. Добычу осуществляли в основном коническими и прямоугольными ловушками американского типа. Ежегодный вылов возрос с 120 в 1999 г. до 2000 т в 2003 г. Район изъятия значительно расширился за счет акваторий Восточного Мурмана. В 2002 г. значительная часть рыболовного флота (5 судов) дислоцировалась в российской экономической зоне за пределами территориальных вод. В этот период стали появляться первые сообщения о фактах бесконтрольного промысла. В конце 2004 г. благодаря значительному увеличению численности популяции российский флот начал коммерческую эксплуатацию запаса. Период промышленного лова характеризовался резким увеличением промысловых нагрузок в 2005 – 2006 гг. Количество судов возросло до 30. Официальный вылов достиг 12,6 тыс. т в 2006 г. и является в настоящее время максимальным за всю историю эксплуатации запаса.

Вслед за резким увеличением вылова в 2005 – 2006 гг. последовал постепенный спад до 2011 г., что было связано, прежде всего, со снижением численности промыслового запаса краба по причине перелова. С 2011 г. отмечена смена негативных тенденций в динамике запаса как за счет появления очередного высокоурожайного поколения, так и за счет уменьшения количества добывающих судов (до 9 единиц) и концентрации их в районах с максимальной производительностью, которая в 2013 – 2015 гг. достигла уровня 20 т на судо-сутки лова. Ежегодный вылов к 2020 г. достиг 10 тыс. т, а стабильное и благополучное состояние запаса позволяет рекомендовать его изъятие в долгосрочной перспективе на уровне 24 тыс. т (см. главу 4).

### 3.2 Краб-стригун опилио

Первые поимки *S. opilio* в Баренцевом море были отмечены в 1996 г. (Кузьмин и др., 1998). Результаты систематического мониторинга 2006 – 2020 гг. показывают, что этот краб образовал самовоспроизводящуюся популяцию в Баренцевом море, занимающую обширную акваторию. За период исследований площадь распространения этого вида увеличилась в 10 раз, а численность возросла на три порядка. В настоящее время площадь распространения краба составляет 618 тыс. км<sup>2</sup> и охватывает 34% площади



Баренцева моря. В то же время процессы акклиматизации этого вида пока не завершены. Краб активно осваивает новые районы, а также увеличивает свою численность на уже заселенных акваториях (рис. 7). С 2010 г. краб-стригун начал встречаться на акватории Карского моря, сформировав к 2020 г. в западных районах моря промысловые скопления (Соколов, 2014; Зимина, 2014; Спиридонов и др., 2015; Залота и др., 2016, 2020; Баканев, Павлов, 2020).

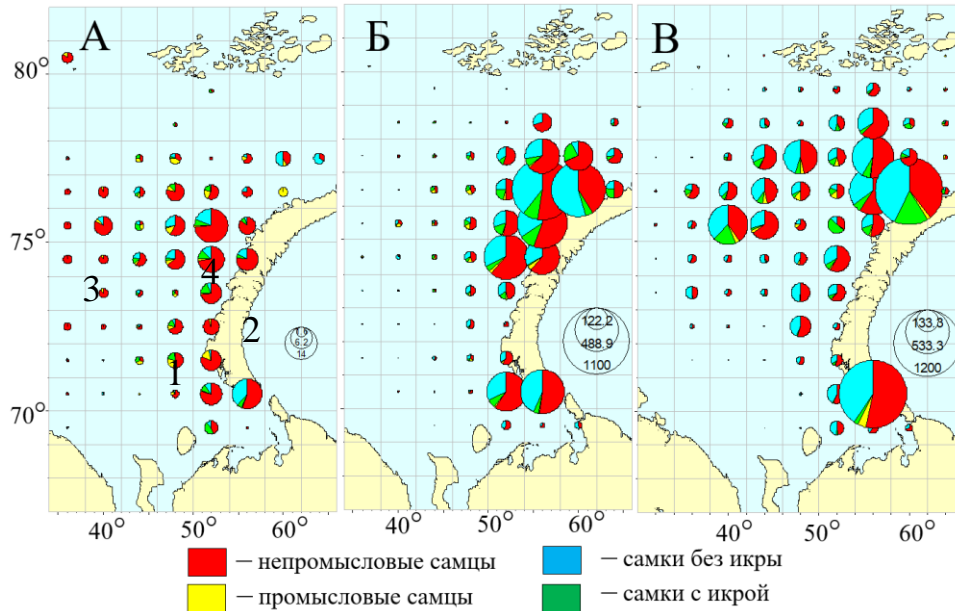


Рис.7. Средние уловы краба-стригуна опилю (экз./15 мин траления) различных категорий на юге Баренцева моря по данным исследовательских съемок в 2006 – 2010 гг. (А), в 2011 – 2015 гг. (Б), в 2016 – 2020 гг. (В): 1 – Гусиная банка; 2 – арх. Новая Земля; 3 – Центральная возвышенность; 4 – Новоземельская банка

В начальный период исследования наиболее плотные скопления молоди встречались на юго-востоке Баренцева моря (Гусиная банка) и в северо-восточных районах у побережья архипелага Новая Земля. Скопления половозрелых особей отмечались в центральных (Центральная возвышенность) и восточных (Новоземельская банка) районах. В 2017–2020 г. скопления молоди и взрослых особей не имели четкой географической обособленности или каких-либо предпочтений по глубине. Краб встречается на глубинах от 17 до 551 м с преобладающим диапазоном 150 – 250 м.

Придонная температура является в значительной степени лимитирующим фактором, ограничивающим дальнейшее расселение краба в районы с повышенным теплосодержанием вод (Баканев, 2017). Краб в настоящее время встречается в диапазоне придонных температур от  $-1,5^{\circ}\text{C}$  до  $+6,5^{\circ}\text{C}$ . Наибольшая его встречаемость отмечена при придонных температурах от  $-1,5^{\circ}\text{C}$  до  $+3,0^{\circ}\text{C}$ . Этот диапазон охватывает 75% площади в Баренцевом море. Данные моделирования (*SDM*) показывают, что температура может значимо влиять на распределение вида на завершающих этапах расселения. При этом долговременное изменение температуры может существенно лимитировать распределение краба при прогнозе его расселения (рис. 8).

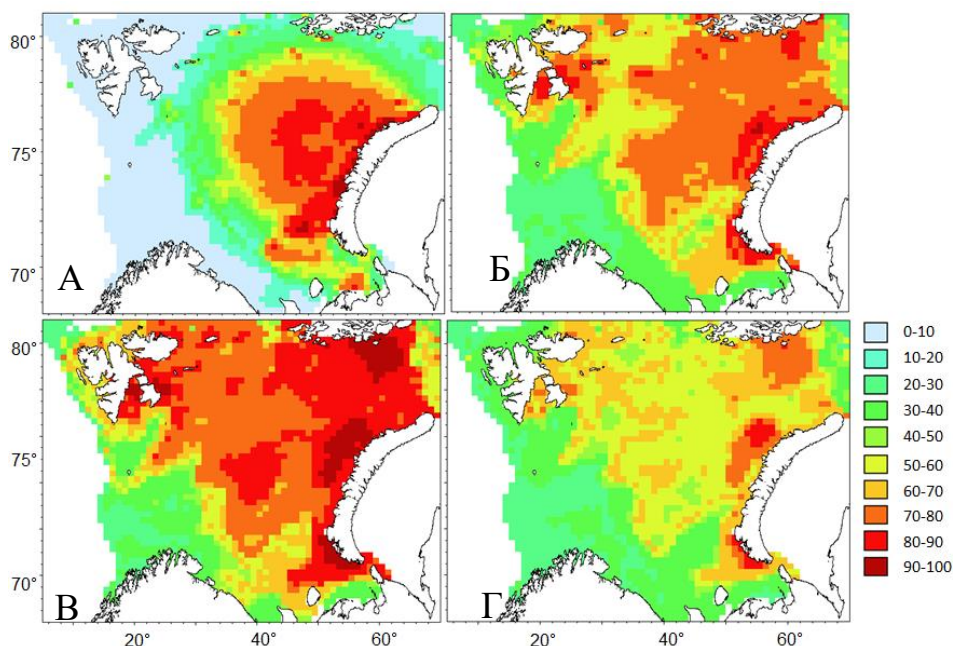


Рис. 8. Вероятность встречаемости (%) краба-стригуна в Баренцевом море в 2010–2016 гг. (А), а также прогноз его распределения при температуре, равной средней многолетней (Б), ниже среднемноголетней на 1 °С (В) и выше среднемноголетней на 1 °С (Г).

При температуре, которая наблюдалась в 2010 – 2016 гг., акватория встречаемости краба может увеличиться в 1,5 раза, при этом площадь распространения краба с вероятностью встречаемости более 50% увеличится до 1237 тыс. км<sup>2</sup>. Расширение ареала произойдет за счет северных и северо-западных районов Баренцева моря (см. рис. 8Б). При похолодании придонных слоев на 1°С акватория увеличится в 2 раза по сравнению с современным распределением (см. рис. 8В). Похолодание будет способствовать дальнейшей экспансии краба в западном направлении. При увеличении средней придонной температуры на 1 °С экспансия замедлится, а площадь распространения краба при его полной акклиматизации в Баренцевом море может составить 1019 тыс. км<sup>2</sup>, т.е. на 20% больше площади современного распределения, при этом уменьшится вероятность встречаемости примерно на 15 – 20%.

Основываясь на соотношении ширины карапакса и высоты клешни (рис. 9А), можно установить, что половая зрелость у самцов начинается с 4 лет при размерах около 40 мм по ШК, при этом размер 50%-ного созревания составляет 80 мм (см. рис. 9Б). Функциональная половая зрелость у самок наступает при ШК > 35 мм, а размер 50%-ного созревания равен 51 мм (см. рис. 9В).

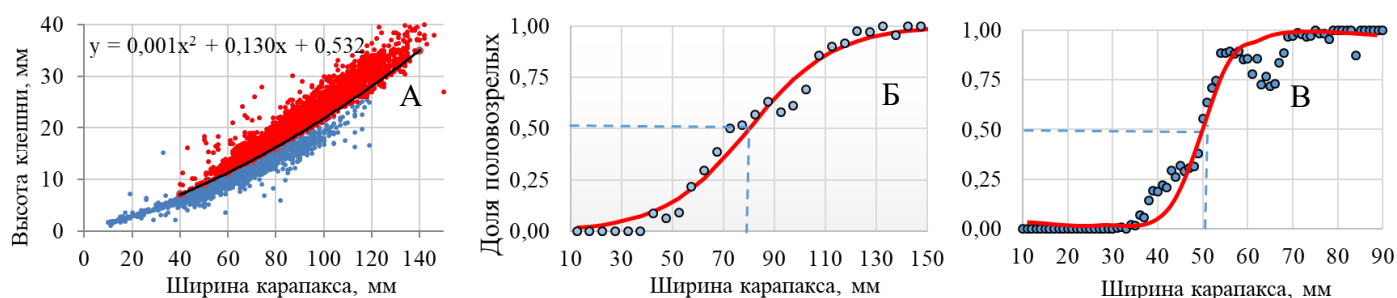


Рис. 9. Соотношение ширины карапакса и высоты клешни широкопалых (красные точки) и узкопалых (синие точки) самцов краба-стригуна опилио (А), а также огивы половозрелости: зависимость доли широкопалых самцов от размеров их карапакса (Б) и зависимость доли самок с икрой от размеров их карапакса (В)

Краб-стригун опилио в настоящее время наиболее перспективный объект добычи в Баренцевом море, чей промысел только стал развиваться. Широкомасштабная международная эксплуатация стала возможна благодаря стремительной и успешной экспансии этого вида в баренцевоморском регионе за весьма короткий период времени.

Освоение запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море началось в середине 2013 г. в Открытой части Баренцева моря (ОЧБМ), т.е. в центральном районе моря за пределами национальных экономических зон. Промысел вели одно судно под флагом Испании и два норвежских краболова. В декабре 2013 г. два российских судна присоединились к нерегулируемой добыче в этом районе (рис. 10). В 2014 г. промысел начали вести краболовы Латвии и Литвы, имеющие, как и испанское судно, российское происхождение и опыт отечественного промысла в дальневосточном регионе. В этот период количество российских судов увеличилось до 12. Средний суточный вылов на судно варьировал от 2,5 до 4,9 т, достигнув максимума в июле. Российский вылов в 2014 г. составил 4,1 тыс. т, а иностранный превысил 4 тыс. т. В 2015 г. российский флот увеличился до 27 единиц. Отечественный годовой вылов достиг 8 тыс. т, а иностранный не менее 16 тыс. т (данные, основанные на объемах продукции, выгруженной в Норвегии).

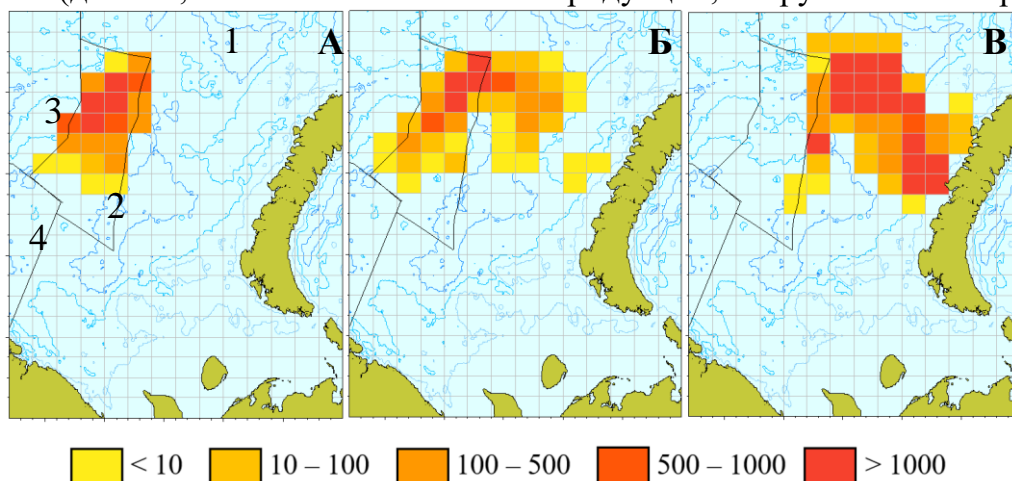


Рис. 10. Картограмма отечественного вылова (т) краба-стригуна опилио в районах Баренцева моря: ИЭЗ России (1), ОЧБМ (2), р-н арх. Шпицберген (3), ИЭЗ Норвегии (4) в 2013 – 2015 (А); 2016 (Б); 2017 – 2020 (В)

В 2016 г. после проведения аукциона по распределению квот на вылов краба-стригуна опилио был открыт промысел этого биоресурса в ИЭЗ России. Добыча краба-стригуна в российской зоне велась с рекордной производительностью, что позволило освоить ОДУ (1,6 тыс. т) в течение двух месяцев после открытия промысла. Всего в добыче краба участвовало пять судов со среднесуточной производительностью 8,4 т.

С 2017 г. идет ежегодное наращивание промысловых усилий; к 2020 г. количество судов на промысле достигло 17 единиц, а вылов превысил 13 тыс. т. Стабильное и благополучное состояние запаса позволяет рекомендовать его изъятие в долгосрочной перспективе до 53 тыс. т при целевом уровне биомассы  $B_{MSY} = 356$  тыс. т (см. главу 4).

### 3.3. Северная креветка

Северная креветка – один из самых массовых видов беспозвоночных Баренцева моря, являющийся традиционным нерыбным объектом промысла в Северном бассейне (Беренбойм, 1992). По результатам экосистемных съемок в 2004 – 2020 гг. в Баренцевом море наиболее плотные концентрации этого вида располагались в районах впадин,

желобов и подножья мелководных банок на илисто-песчаных и илистых грунтах. В отличие от крабов-вселенцев пространственная динамика этого аборигенного вида менее вариативна (рис. 11). В 2004 – 2007 гг. основные промысловые скопления отмечались в двух районах: прибрежных водах арх. Шпицберген и центральной части Баренцева моря, включая ОЧБМ. В последующие годы средние уловы в районе арх. Шпицберген снижались, а плотные скопления в центральной части Баренцева моря стали менее выраженными. В последние годы основные скопления северной креветки, на которых базируется промысел, отмечаются в районах ИЭЗ Российской Федерации у берегов арх. Новая Земля.

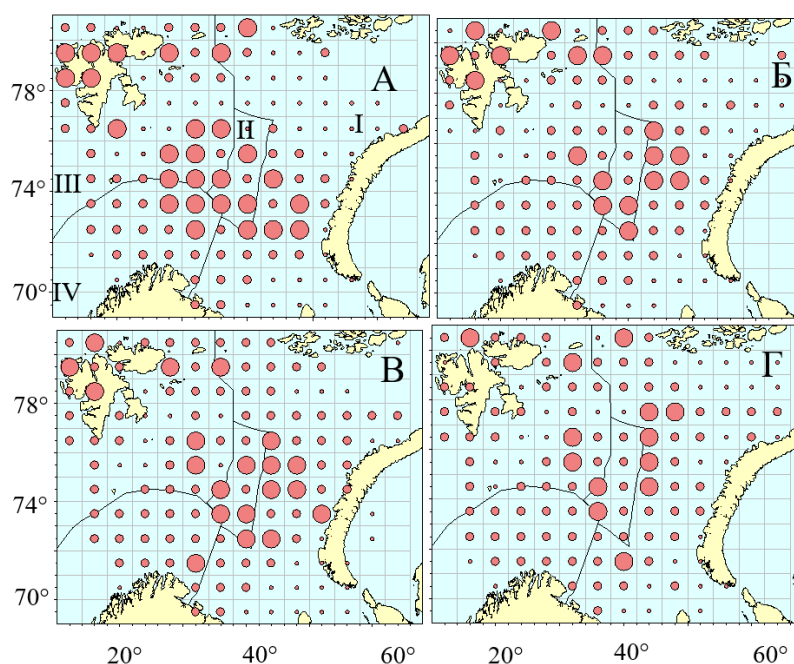


Рис.11. Средние уловы северной креветки (экз./15 мин траления) в Баренцевом море по данным исследовательских съемок в 2004 – 2007 гг. (А), в 2008 – 2011 гг. (Б), в 2012 – 2015 гг. (В), в 2016 – 2020 гг. (Г): I –ИЭЗ России, II – ОЧБМ, III – район архипелага Шпицберген, IV – ИЭЗ Норвегии

В ходе экосистемных съемок выявлено, что северная креветка встречалась в широком диапазоне температур от  $-1,8$  до  $+8,5^{\circ}\text{C}$ , однако наиболее плотные концентрации были приурочены к градиентным зонам с придонной температурой от  $-1,7$  до  $+2,2^{\circ}\text{C}$ , при этом креветка встречалась на глубине 50 – 1360 м (преобладающая – 200 – 350 м).

В результате анализа размерной структуры уловов выявлено 6 возрастных групп в большинстве районов исследования. В некоторые годы визуально определялись креветки 7 возрастных групп, а в районе Западного Шпицбергена – 8 – 9. Первые и последние возрастные группы встречались в уловах не каждый год. Тем не менее их выявляли достаточно часто, что дало возможность определить средние размеры для этих возрастов в целом по районам за весь период наблюдения. Интервалы между модами годовых классов, т.е. возрастных групп, в среднем составляли 2 мм для северных районов (о-вов Медвежий, Западного Шпицбергена) и 3 – 4 мм для южных (Прибрежный район, банка Демидовская и Центральное плато). Старшие возрастные группы имеют большую трансгрессию размеров особей смежных возрастов и часто перекрывали друг друга. Таким образом, размерно-возрастные характеристики креветок достоверно различаются по районам. В южной части баренцевоморского ареала (Прибрежный район) темп роста



креветки в возрасте 2 – 4 года в 1,5 – 2 раза выше, чем в северной (Западный Шпицберген, Зюйдкапский желоб).

Согласно данным размерно-полового состава смена пола у северной креветки в Баренцевом море наступает при длине карапакса (ДК) более 19 мм, а размер 50%-ного перехода самцов в самок – при ДК равной 21,5 – 22 мм. Статистически значимых различий в темпах инверсии пола по районам и периодам исследований не выявлено (рис. 12). В то же время средний размер 50%-ного созревания креветки, выловленной на Гусиной банке, у о-ва Медвежий и в Прибрежном районе, был меньше, чем на Западном желобе и акватории Центрального плато и Демидовской банки.

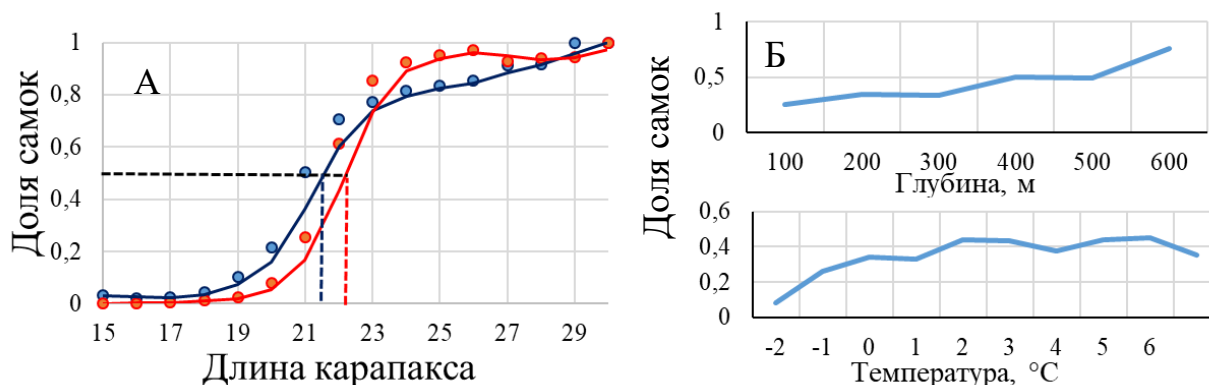


Рис. 12. Зависимость доли самок от длины карапакса северной креветки по данным экосистемных съемок в 2004 – 2012 гг. (синяя линия) и в 2013 – 2020 гг. (красная линия) (А), а также распределение доли самок в уловах экосистемных съемок 2004 – 2020 гг. по глубинам и придонной температуре (Б)

Доля самок в уловах существенно варьирует, зависит от придонной температуры и глубины. С увеличением глубины от 100 до 600 м их доля в среднем возрастает на 5% на каждые 100 м, при отрицательных придонных температурах она не превышает 30%. Однако в диапазоне температур от 2 до 7 °C соотношение полов в уловах варьирует незначительно с преобладанием молоди и самцов (55 – 65 %).

Таким образом, сравнительный анализ размерно-половых характеристик креветки Баренцева моря показал, что существует ряд различий между группировками особей этого вида из различных районов, которые целесообразно учитывать при разработке управленческих стратегий.

Освоение запасов северной креветки норвежскими рыбаками началось в середине 30-х г. прошлого столетия в глубоководных фьордах прибрежной зоны Баренцева и Норвежского морей. В открытой части моря норвежский промысел начал развиваться с 1970 г. (Hvingel, Berenboim, 2011). Отечественный промысел впервые был организован в 1974 г., однако активно начал развиваться только с 1977 г., когда ежегодный вылов превышал 10 тыс. т. В начале 1980-х годов наблюдалось быстрое увеличение добычи, которая в 1983 – 1985 гг. достигла максимальных значений с ежегодным международным выловом свыше 100 тыс. т и отечественным – свыше 30 тыс. т. В эти годы отечественный промысел вели в основном в районе арх. Шпицберген, а также норвежских и советских водах (рис. 13). В дальнейшем наблюдалось постепенное сокращение вылова с кратковременными периодами увеличения промысловой активности в 1990 – 1993 и 1999 – 2000 гг. В 2005 – 2012 гг. отечественный лов северной креветки в Баренцевом море фактически не проводился.

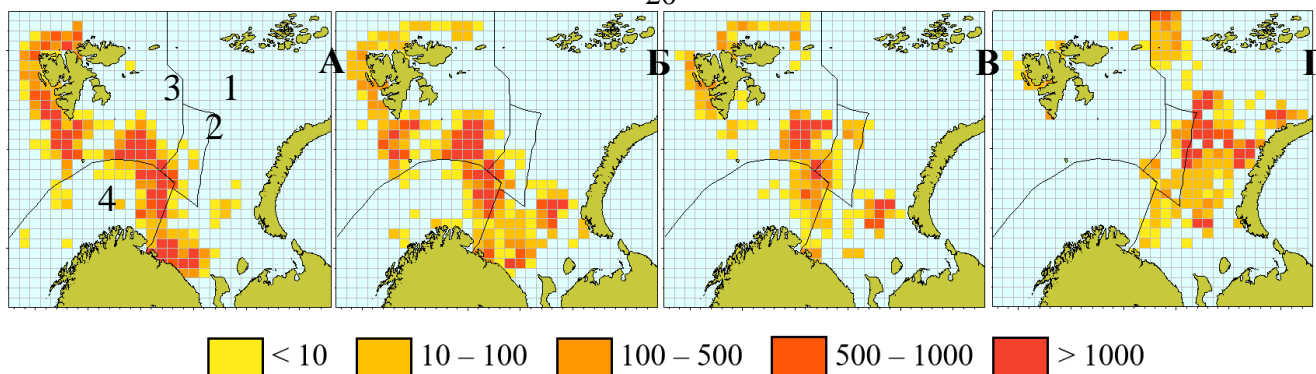


Рис. 13. Картограмма отечественного вылова (т) северной креветки в районах Баренцева моря: ИЭЗ России (1); ОЧБМ (2); р-н арх. Шпицберген (3); ИЭЗ Норвегии (4) в 1980 – 1989 гг. (А); 1990 – 1999 гг. (Б); 2000 – 2009 гг. (В); 2010 – 2020 гг. (Г).

Отсутствие интереса отечественной промышленности к добыче северной креветки в эти годы объяснялось следующими факторами:

- снижением цен на северную креветку на мировых рынках;
- увеличением цен на топливо и, соответственно, увеличением себестоимости продукции;
- отсутствием современного отечественного флота, специализирующегося на добыче креветки;
- наличием удовлетворительных рыбных ресурсов в Баренцевом море, снижающих интерес к поиску альтернативных объектов лова.

Однако в последние годы наблюдается увеличение ежегодного изъятия из-за устойчивого роста промыслового запаса в 2015 – 2019 гг., что соответственно повлияло на возвращение интереса рыбаков к этому объекту промысла. Причем промысел в настоящее время он в большей степени локализуется в ИЭЗ России, нежели в традиционных промысловых районах арх. Шпицберген и центральной части Баренцева моря.

### 3.4. Исландский гребешок

Исландский гребешок является единственным видом моллюсков, запасы которого интенсивно эксплуатировались в Баренцевом море и сопредельных водах (Золотарев, 2016). По результатам экосистемных съемок в 2005 – 2020 гг., поселения гребешка располагались в районах мелководий и банок (глубины менее 150 м) на ракушечном или песчаном грунте. Исландский гребешок встречался в диапазоне температур от  $-1,8$  до  $+6,8^{\circ}\text{C}$ , однако наиболее плотные концентрации приурочены к прибрежным районам с придонными положительными температурами от  $0,1$  до  $4,3^{\circ}\text{C}$ . Основные поселения исландского гребешка в Баренцевом море отмечены в районах архипелагов Шпицберген и Новая Земля, о-в Медвежий, Гусиной банки, Канино-Колгуевского и Мурманского мелководий. В настоящее время промысловые скопления отмечаются только в прибрежных районах Восточного Мурмана (Святоносское поселение) и Воронке Белого моря (рис. 14).

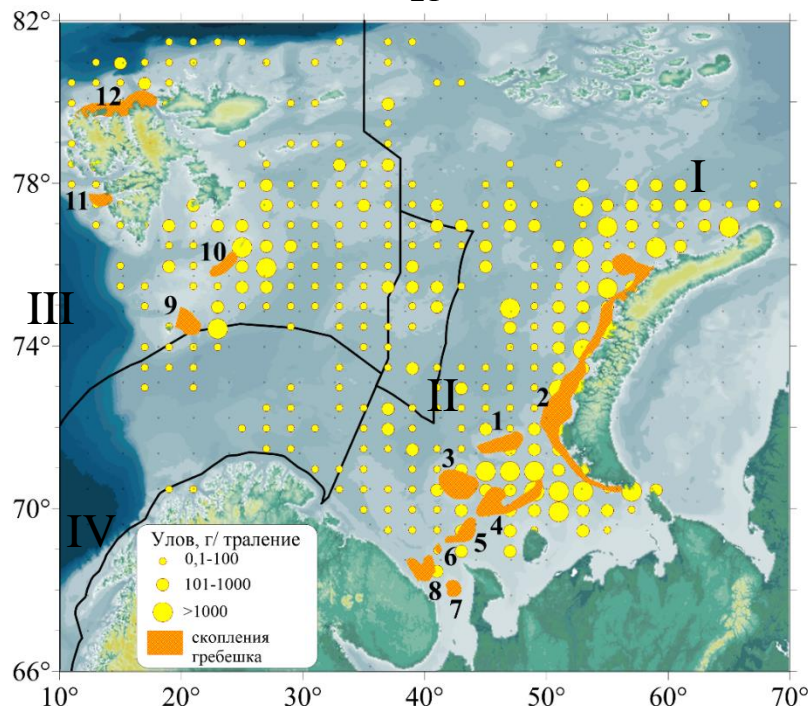


Рис. 14. Местоположение основных скоплений и уловы гребешка (г/траление) в ходе экосистемных съемок в 2005 – 2020 гг. в Баренцевом море и районе архипелага Шпицберген: 1 – Гусиная банка; 2 – арх. Новая Земля; 3 – Северо-Канинская банка; 4 – Канино-Колгуевское мелководье; 5 – Канинская банка; 6 – Мурманское мелководье; 7 – Воронка Белого моря; 8 – Святоносское поселение; 9 – о-в Медвежий; 10 – о-в Надежды; 11 – западное поселение; 12 – северное поселение. I – ИЭЗ России, II – открытая часть Баренцева моря, III – район архипелага Шпицберген, IV – ИЭЗ Норвегии

Анализ размерного состава исландского гребешка в уловах на Святоносском поселении в 2009 – 2017 гг. показал наличие *pyfxbntkmys* [изменений в его функциональной структуре (рис. 15). В 2009 – 2015 гг. в уловах в основном преобладали промысловые особи и пререкруты, тогда как в 2016 – 2017 гг. существенно увеличилась доля неполовозрелой молодежи с высотой раковины до 60 мм. Наличие пополнения в эти годы дает основание рассчитывать на смену негативных тенденций в динамике запаса, которая наблюдалась в предыдущий период исследований.

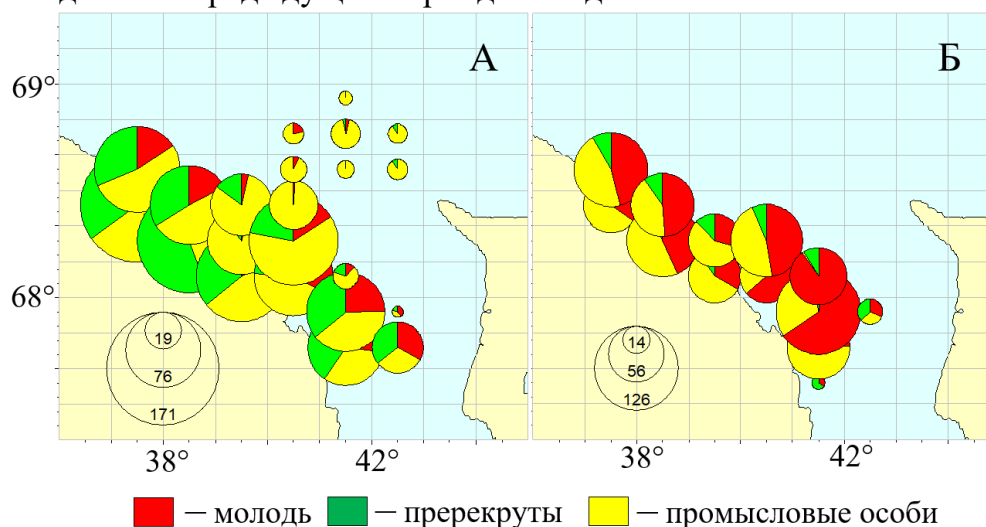


Рис. 15. Средние уловы исландского гребешка (экз./5 мин драгирования) на Святоносском поселении по данным исследовательских съемок в 2009 – 2015 гг. (А), 2016 – 2017 гг. (Б)

Раннее считалось, что молодь исландского гребешка живет в местах, подходящих для оседания планктонных личинок (поднятия дна со скальным грунтом и валунами, покрытыми обрастаниями) (Золотарев, 2016). Такие места труднодоступны для исследований и практически не облавливаются. По мере увеличения размеров и способности к передвижению моллюски перебираются на выровненные участки дна с постоянным течением, обеспечивающим приток пищи. Рост половозрелых особей значительно замедляется из-за больших затрат на образование половых продуктов, что приводит к достаточно стабильной во времени размерной структуре, которую мы наблюдали в 2009 – 2015 гг. на исследованной акватории. Однако результаты исследований, выполненных в 2016 – 2017 гг., показали, что пополнение промыслового запаса может происходить непосредственно на участках его распределения. Большая доля молоди с высотой раковины до 60 мм встречалась на всей акватории съемки от прибрежных районов мыса Святой Нос до Горла Белого моря.

Освоение запасов исландского гребешка в Баренцевом море началось норвежскими рыбаками в 1986 г. в прибрежных районах архипелага Шпицберген и о. Медвежий (Денисенко, 1989; Сенников, Близниченко, 1992; Strand, Vølstad, 1997). В этом же году советскими учеными был проведен первый экспериментальный облов моллюска в прибрежье Кольского п-ова на НИС «Новокубанск» (рис. 16).

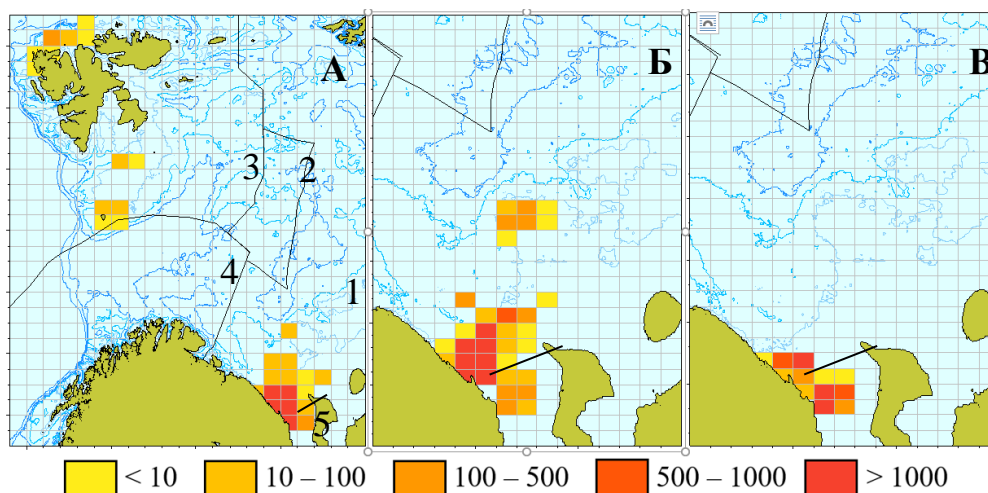


Рис. 16. Картограмма отечественного вылова (т) исландского гребешка в районах Баренцева моря: ИЭЗ России (1); ОЧБМ (2); р-н арх. Шпицберген (3); ИЭЗ Норвегии (4); а также в Воронке Белого моря (5) в 1986 – 2000 гг. (А); 2001 – 2010 гг. (Б); 2011 – 2017 гг. (В)

С 1990 г. стали добывать гребешка российские специализированные суда. В период активного освоения запасов отечественные суда работали на поселениях гребешка в районах Святоносского и Канинского поселений на юго-востоке Баренцева моря (Золотарев, 2016). Кроме того, в 1999 – 2000 гг. были предприняты попытки эксплуатации в районах архипелага Шпицберген, Зюйдкапского желоба и о-ва Медвежий, однако производительность лова в этих районах оказалась относительно низкой. В 2010 г. при снижении производительности добычи на баренцевоморских поселениях начинается активная эксплуатация скоплений гребешка в Воронке Белого моря, промысел на которых до этого времени осуществлялся эпизодически.

Ежегодный отечественный вылов исландского гребешка в Баренцевом море возрастал с 1990 г. и достиг максимальных показателей (12 – 13 тыс. т) в 1997 – 2001 гг. В 2002 – 2003 гг. наблюдалось резкое уменьшение объемов добычи по причине сокращения судов на промысле при плавном снижении производительности. В 2010-2017 гг. ежегодный вылов, значительную долю которого получали в сопредельных районах



Баренцева моря – Воронке Белого моря, не превышала 2 тыс. т.

Отечественная тактика промысла во многом была схожа с международной и состояла, как правило, из следующих этапов:

- обнаружение промыслового скопления;
- интенсивная эксплуатация в течение нескольких лет до стадии экономического перелома, когда интенсивность промысла превышает уровень, обеспечивающий получение максимальной устойчивой прибыли;
- переход к поиску новых скоплений.

Одновременно с промышленной эксплуатацией скоплений ученые приступили к регулярным комплексным исследованиям запасов для выработки рекомендаций по управлению промыслом. Однако предложенные меры регулирования не обеспечили условий для рационального промысла и восстановления сокращающейся численности популяций. С конца прошлого века на большинстве скоплений исландского гребешка наблюдались все признаки перелома, промысел имел локальный характер с минимальным экономическим эффектом. С 2018 г. промышленный лов моллюска в Баренцевом море запрещен. Запасы исландского гребешка на Святоносском поселении в настоящее время находятся в депрессивном состоянии. В ближайшие годы их восстановление даже при отсутствии промысла маловероятно.

## **Глава 4. Модельный подход к управлению запасами донных беспозвоночных Баренцева моря**

### **4.1. Моделирование динамики запаса промысловых беспозвоночных (на примере камчатского краба)**

Одним из эффективных методов выявления механизмов функционирования популяции в ходе ее промысловой эксплуатации, а также адаптации к новым условиям обитания является моделирование процессов пополнения, роста и убыли (Shigesada, Kawasaki, 1997, Hall et al., 2006, Drury et al., 2007, MacIsaac et al., 2007, Steiner et al., 2008). Закономерности формирования популяционной структуры вида могут быть выражены количественно через параметры взаимодействия этих популяционных процессов.

В истории отечественных исследований промысловых беспозвоночных в Баренцевом море можно выделить непродолжительный период, когда был достигнут первый уровень информационной обеспеченности для запаса камчатского краба. В период 1994 – 2006 гг. на акватории ИЭЗ России проводилась полноценная траловая съемка камчатского краба, которая охватывала весь его ареал, включая прибрежную 12-мильную зону, ныне недоступную для траловых исследований. Качество данных, собранных в этот период, позволило адаптировать для оценки запаса набор моделей, который включал в себя не только простейшую продукционную модель, но и структурированные когортные модели, используемые при первом информационном уровне.

В данной главе представлены результаты моделирования и оценки параметров динамики численности промысловых беспозвоночных на примере камчатского краба, выполненные с использованием модели истощения Лесли, простой продукционной модели на основе уравнения Шефера, а также двух когортных: *CSA*, включающая 3 размерных класса, и более сложная *LBA*, состоящая из 12 размерных групп.

Проведенный сравнительный анализ результатов моделирования показал, что в 1994 – 2006 гг. для описания динамики численности и прогностических оценок баренцевоморской популяции камчатского краба целесообразно было использовать модель *CSA* по следующим причинам:

- производственный подход к динамике искусственно созданного запаса дал менее надежные результаты;
- качество входных данных не позволяет использовать сложные когортные модели;
- точность оценки численности размерных групп выше по *CSA*, чем при расчетах по *LBA*.

## 4.2. Оценка динамики запасов промысловых беспозвоночных

### (производственный подход)

В данной главе представлены результаты моделирования и оценки параметров динамики численности промысловых беспозвоночных, выполненные с использованием производственной модели. В рамках этой модели были рассчитаны биологические ориентиры управления, соотношения величин которых часто используются при обосновании схем регулирования промысла.

#### 4.2.1. Камчатский краб

В 60 – 70-х годах прошлого века в Баренцево море было выпущено около 15 тыс. экз. камчатских крабов. К 1994 г. общая численность баренцевоморского краба увеличилась более чем в 100 раз, а биомасса достигла 6 тыс. т. В 1994 – 1998 гг. она сохранялась на уровне 8 – 10 тыс. т. С 1995 г. наблюдался постепенный рост промыслового запаса, биомасса которого в 2003 – 2005 гг. превысила 150 тыс. т. В 2006 – 2009 гг. отмечалось заметное снижение промысловой биомассы, а затем с 2010 г. ее существенный рост до исторического максимального уровня в 2014 гг. (рис. 17). По результатам моделирования динамики биомассы промыслового запаса, последние шесть лет он стабилен и варьирует в пределах 210 – 250 тыс. т. В последние три года отмечается незначительная тенденция к снижению запаса с 247 тыс. т в 2018 г. до 219 тыс. т в 2020 г.

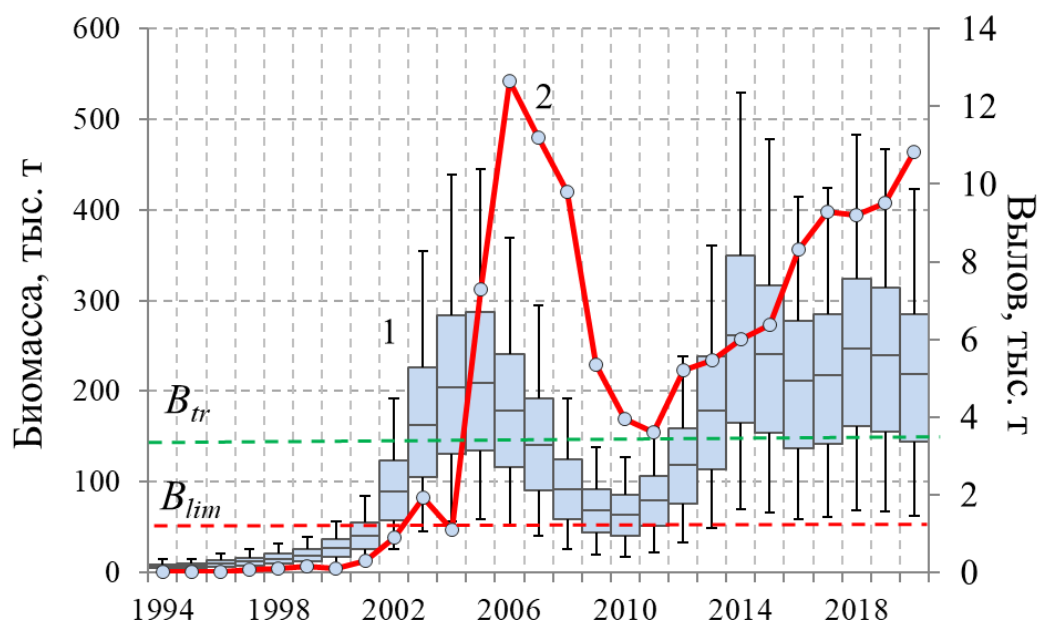


Рис. 17. Динамика биомассы промыслового запаса: 1 – диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей – 95%-ный доверительный интервал); 2 – вылов камчатского краба в ИЭЗ России в Баренцевом море в 1994 – 2020 гг. (см. пояснения в тексте)

Расчеты, выполненные в 2020 г., показали, что граничный ориентир по биомассе ( $B_{lim}$ ) составил 45 тыс. т, целевой ( $B_{tr}$ ) – 149 тыс. т. Целевой ориентир по коэффициенту эксплуатации ( $E_{tr}$ ) не должен превышать 0,16. С 2013 г. запас находится в зоне устойчивого состояния (рис. 18).

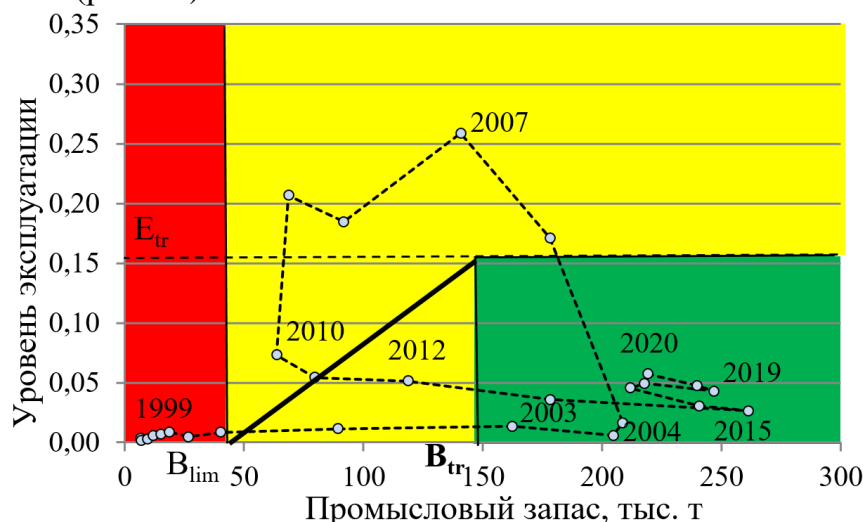


Рис. 18. Динамика промыслового запаса и уровня эксплуатации запаса камчатского краба, а также ориентиры управления его запасом ( $B_{lim}$ ,  $B_{tr}$  и  $E_{tr}$ ) в Баренцевом море в 1994 – 2020 гг. в зональном представлении области управления при предосторожном подходе (зеленая область – зона устойчивого состояния запаса; желтая – буферная зона; красная – зона перелова)

#### 4.2.2. Краб-стригун опилю

В 1990-х годах в Баренцевом море были отмечены первые единичные поимки взрослых крабов. К началу полномасштабных исследований этого вида (2005 г.) общий запас краба составил около 60 тыс. т. В 2005 – 2007 гг. общая биомасса сохранялась на сравнительно низком уровне 60 – 70 тыс. т., а промысловый запас оценивался в размере 10 – 15 тыс. т на всей акватории Баренцева моря. С 2008 г. начал наблюдаться постепенный рост популяции, биомасса которой в 2020 г. достигла 2 млн т, а промысловый запас 410 тыс. т (рис. 19).

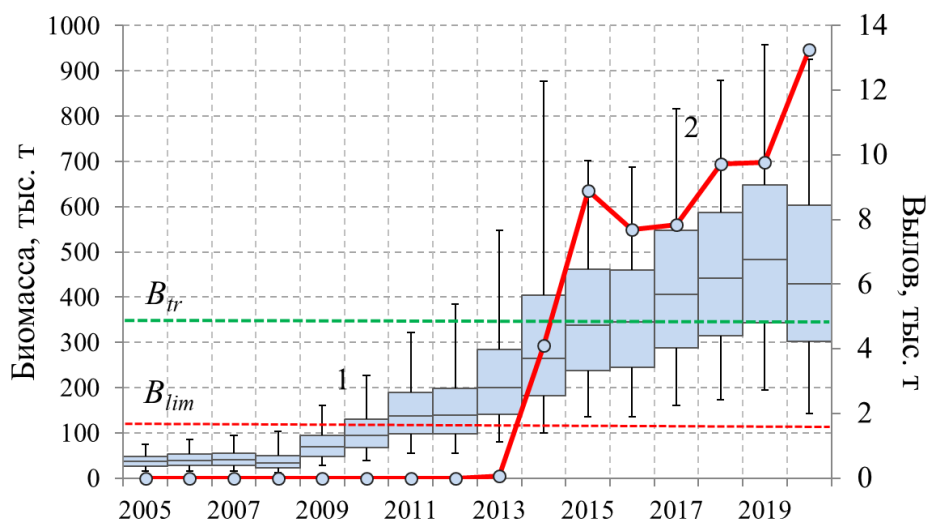


Рис. 19. Динамика биомассы промыслового запаса: 1 – диапазон кватилей с медианой; планки погрешностей – 95%-ный доверительный интервал); 2 – вылов краба-стригуна опилю в ИЭЗ России в Баренцевом море в 2005 – 2020 гг.

В настоящее время граничный ориентир по биомассе ( $B_{lim}$ ) составляет 107 тыс. т, целевой ( $B_{tr}$ ) – 356 тыс. т. Целевой ориентир по коэффициенту эксплуатации ( $E_{tr}$ ) не должен превышать 0,15, т.е. не более 53 тыс. т при целевом уровне биомассы.

### 4.2.3. Северная креветка

Промысловый запас северной креветки Баренцева моря и сопредельных вод на протяжении всей истории промысловой эксплуатации, в том числе в последнее десятилетие, находился в благополучном состоянии и эксплуатировался на устойчивой основе. С начала промысла северной креветки в середине 1970-х годов не наблюдалось признаков перелома промыслового запаса. В конце 2020 г. промысловый запас северной креветки в Баренцевом море и сопредельных водах оценивается на уровне 2,2 млн т с 95%-ным доверительным интервалом от 1,5 до 3,2 млн т (рис. 20).

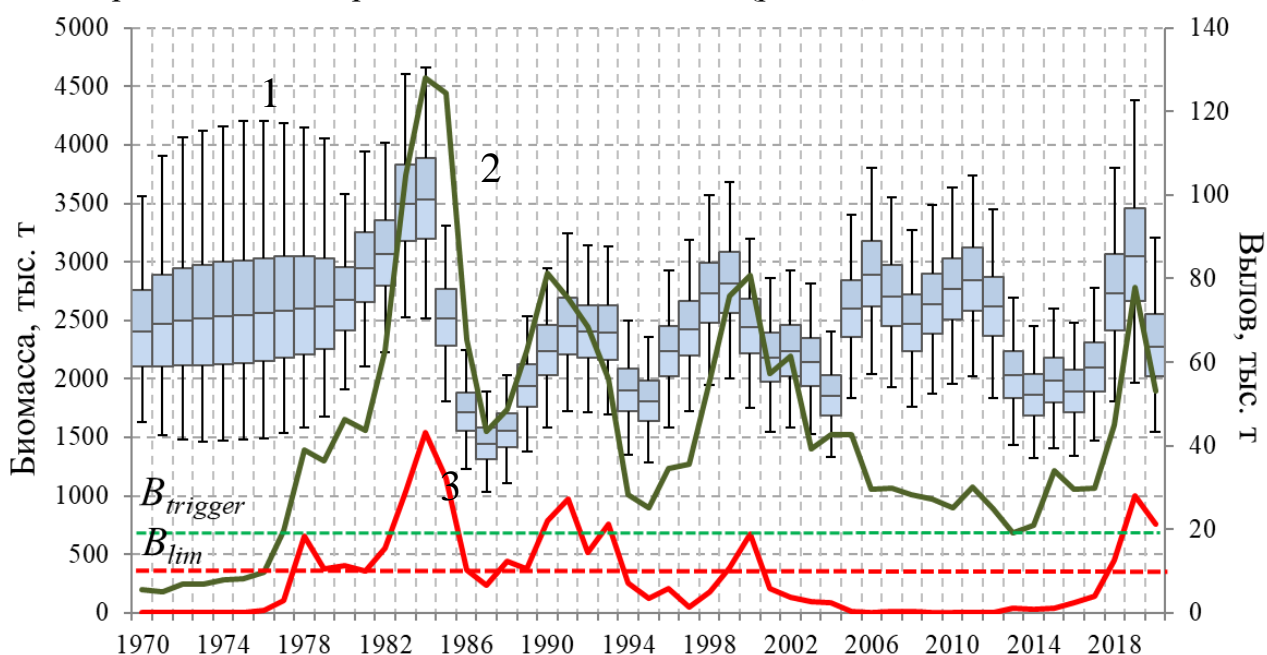


Рис. 20. Динамика биомассы промыслового запаса: 1 – диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей – 95%-ный доверительный интервал; 2 – международный; 3 – российский вылов северной креветки в Баренцевом море в 1970 – 2020 гг.

За последние 30 лет уровень ежегодной эксплуатации оценивается на уровне 1–3% от величины промыслового запаса. В то же время межгодовая вариативность величины запаса в отдельные годы ощутимо меняется (в среднем 12 % за последние 20 лет), что свидетельствует о существенной изменчивости межгодового пополнения и, возможно, естественной смертности. С позиций теории промышленного рыболовства такой низкий уровень эксплуатации не может заметно влиять на состояние запаса по сравнению с пополнением и естественной убылью. При этом уровень запаса креветки сохраняется значительно выше буферного ( $B_{tr}= 0,669$  млн т) и граничного ( $B_{lim}=0,401$  млн т) ориентиров.

#### 4.2.4. Исландский гребешок

Оценка промыслового запаса с помощью продукционной модели показала, что запас, который в 1990 – 1996 гг. был на уровне 1,5 млн т, существенно снижался в последующие 5 – 6 лет (рис. 21). С 2000-х годов запас находится в депрессивном состоянии в размере 200 – 300 тыс. т. В 2010 – 2012 гг. наблюдались признаки восстановления промыслового запаса, которому не нашлось подтверждения в последующие годы. В последние годы исследований (2016 – 2017 гг.) запас составил 80 – 600 тыс. т (95%-ные границы доверительного интервала) с медианой на уровне 220 тыс. т.

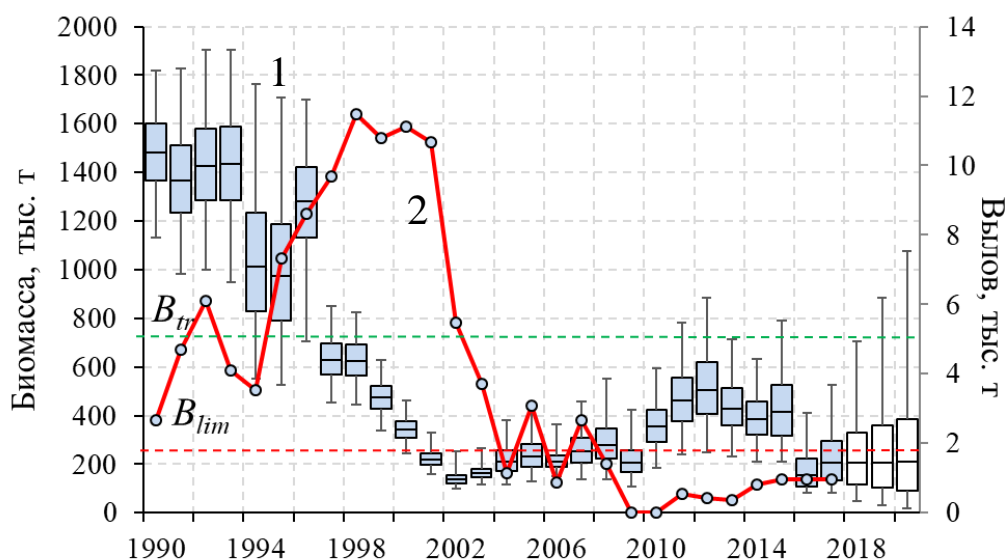


Рис. 21. Динамика биомассы промыслового запаса: 1 – диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей – 95%-ный доверительный интервал); 2 – вылов исландского гребешка в ИЭЗ России в Баренцевом море 1990 – 2020 гг. (2018 – 2020 гг. прогнозные величины)

Текущая величина промыслового запаса ( $B_{2017} - B_{2020}$ ) с 90%-ной вероятностью находится ниже уровня целевого ориентира по биомассе ( $B_{tr} = 746$  тыс. т) и с вероятностью 62% ниже граничного ориентира ( $B_{lim} = 224$  тыс. т), при этом медианная величина целевого ориентира управления по эксплуатации ( $E_{tr}$ ) составляет 0,002, т.е. 0,2% от промыслового запаса.

При зональном представлении области управления отмечаются два периода, при которых промысловый запас находился ниже критического уровня  $B_{lim}$  (рис. 22). В первый период (2001 – 2008 гг.) наблюдался чрезмерно высокий уровень эксплуатации. При последующем снижении промыслового запаса вышел из зоны перелома, незначительно превысив граничный ориентир по биомассе в 2011 – 2015 гг. В 2016 – 2017 гг. величина запаса повторно опустилась ниже критического уровня, что свидетельствует о затяжном депрессивном состоянии запаса в последние несколько лет.

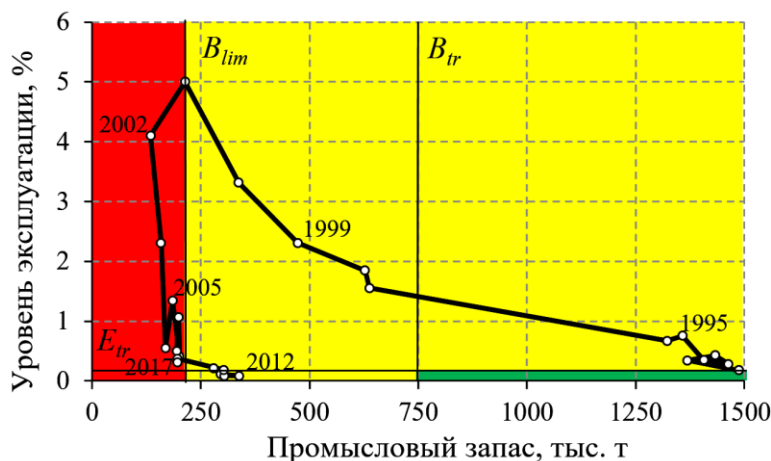


Рис. 22. Динамика промыслового запаса исландского гребешка и уровня его эксплуатации, а также ориентиры управления его запасом ( $B_{lim}$ ,  $B_{tr}$  и  $E_{tr}$ ) на Святоносском поселении в Баренцевом море в 1990 – 2017 гг., основанные на оценке по продукционной модели

#### 4.3. Оценка ориентиров управления и тестирование правила регулирования промысла запасами беспозвоночных в Баренцевом море (на примере камчатского краба)

Управление запасом камчатского краба в Баренцевом море до недавнего времени выполнялось без использования формализованных стратегий, правил и ориентиров управления. По существу, вся стратегия управления промыслом сводилась к предотвращению перелова с помощью общего допустимого улова (ОДУ) и ограничения пространственно-временных рамок промысла. В 2015 г. был разработан проект «Правил регулирования промысла (ПРП) приоритетных видов крабов и крабоидов» под редакцией В. А. Бизикова (ФГБНУ «ВНИРО»). В рамках предложенной новой концепции стратегии регулирования промысла крабов и крабоидов были разработаны подходы к оценке новых элементов управления баренцевоморским запасом камчатского краба: ориентиров управления, ограничения межгодового изменения ОДУ, оптимального промыслового размера и др. (Баканев, Ковалев, 2015; Баканев, 2016а; Баканев, 2016б).

Диагностика ПРП включала в себя несколько этапов. На первом этапе расчет выполнялся с применением текущего ПРП и различных вариантов пополнения и ошибки оценки запаса для тестирования модели на чувствительность результатов к значениям этих параметров. На втором – выбирали наиболее правдоподобный вариант пополнения и ошибки, а затем рассчитывали динамику запаса с различным целевым уровнем эксплуатации. На основании результатов расчетов делали вывод об оптимальном уровне изъятия и обоснованности целевого ориентира по эксплуатации текущего ПРП. На третьем этапе диагностики проводились расчеты, при которых исследовалась реакция запаса на различные варианты управления. При этом рассматривалось два сценария: 1) уровень эксплуатации не зависит от уровня промыслового запаса (отсутствуют ориентиры по биомассе); 2) отсутствует межгодовое ограничение на рост и снижение ОДУ. Кроме того, дополнительно рассчитывалось несколько альтернативных вариантов ограничения межгодового изменения ОДУ: 10, 20, 30, 40 и 100%.

Анализ моделируемой динамики промыслового запаса с применением текущего ПРП при различных вариантах пополнения и ошибки запаса показал, что медианные значения расчетных показателей существенно не отличаются (табл. 3). При возрастании ошибки оценки запаса, а также использовании пополнения, выбранного случайным образом, закономерно увеличивается межгодовая изменчивость вылова и промыслового запаса.

Результаты тестирования ПРП камчатского краба Баренцева моря при различных вариантах пополнения и ошибки запаса (при уровне изъятия 0,17)

Показатель/ тип пополнения	Среднее	Случайное	Квазициклическое (имитирующее пополнение последних 10 лет)				
			0	0,1	0,2	0,3	0,4
Ошибка оценки запаса (задаваемый параметр)	0	0	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Среднегодовой вылов, т	11216	10778	11884	11730	11545	11428	11309
Среднегодовая изменчивость вылова, %	0,5	16,7	15,3	19,9	23,2	25,2	32,4
Верхняя граница 95% доверительного интервала промыслового запаса, т	65976	108707	94440	101261	106500	110191	112402
Медиана промыслового запаса, т	65975	69485	72770	74382	76083	77673	78423
Нижняя граница 95% доверительного интервала промыслового запаса, т	65975	45072	54662	52784	50870	48807	50290
Медиана пополнения, тыс. экз.	5187	5135	5584	5584	5584	5584	5584
Риск $B < B_{tr}$ , %	0	42	41	37	32	27	26
Риск $B < B_{lim}$ , %	0	0	0	0	0	0	0

Все варианты расчета показали, что риск снижения промыслового запаса ниже граничного ориентира  $B_{lim}$  равен нулю. При пополнении запаса, имитируемом как случайная величина, а также при квазициклическом пополнении высок риск уменьшения запаса ниже  $B_{tr}$ . Однако этот показатель не является критичным, так как среднесноголетний уровень запаса остается высоким, и в рамках существующей концепции текущее ПРП может считаться предосторожным.

При квазициклическом пополнении и увеличении ошибки оценки запаса наблюдается незначительный рост среднесноголетней величины промыслового запаса и уменьшение риска снижения промыслового запаса ниже  $B_{tr}$ . Такое явление наблюдается из-за увеличения доли лет, когда применялось правило 30%-ного ограничения снижения или увеличения вылова. При увеличении изменчивости оценки промыслового запаса начинает чаще срабатывать вышеуказанное правило, ограничивая потенциальный вылов, что в среднем приводит к росту промыслового запаса и, соответственно, снижению рисков оказаться ниже  $B_{tr}$ .

Как указывалось выше, различные допущения о типе пополнения и величине ошибки оценки не влияют существенно на среднесноголетние медианные показатели вылова и промыслового запаса. В дальнейших расчетах использовалось квазициклическое пополнение как наиболее правдоподобное и ошибка оценки запаса, равная 0,2. Данный выбор был сделан на основе анализа пополнения запаса и размаха доверительных интервалов, полученных в ходе оценки запаса в 1994 – 2015 гг.

Моделирование динамики запаса при различных уровнях эксплуатации показало, что выбор целевого ориентира  $E_{tr}=0,17$  (уровень изъятия 17% от промыслового запаса, рассчитанный по продукционной модели (Баканев, 2016а)) является предосторожным и обеспечивает вылов, близкий к максимальному. Повышение уровня изъятия не ведет к существенному увеличению среднесноголетнего вылова, но значительно увеличивает риски уменьшения промыслового запаса ниже ориентира  $B_{tr}$  (рис. 23).



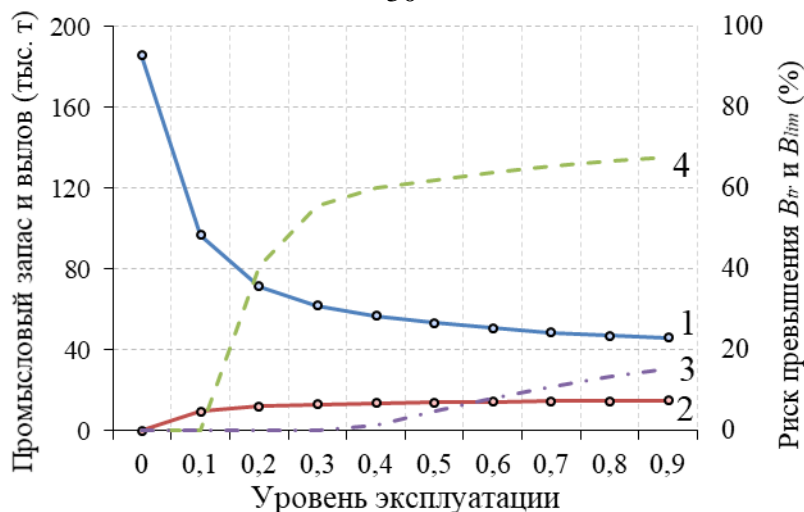


Рис. 23. Зависимость медианных величин промыслового запаса (1) и вылова (2), а также риска (%) превышения  $B_{lim}$  (3) и  $B_{tr}$  (4) от уровня эксплуатации (доли изъятия от величины промыслового запаса)

Анализ общих тенденций в динамике показателей показал, что по формальным признакам уровень эксплуатации ниже 0,5 является предосторожным, так как вероятность снижения запаса ниже  $B_{lim}$  не превышает 5%. Однако эксплуатация на максимально допустимом уровне ( $E_{tr}=0,5$ ) уменьшает промысловый запас в 2 раза по сравнению с эксплуатацией на рекомендованном уровне ( $E_{tr}=0,17$ ), при этом среднеголетний вылов увеличивается несущественно (с 12 до 14 тыс. т). Учитывая большие неопределенности в оценке запаса и низкий уровень информационной обеспеченности, увеличение  $E_{tr}$  выше рекомендованного в настоящее время выглядит неоправданным. Кроме того, при увеличении степени эксплуатации с 0,1 до 0,3 значительно возрастает риск уменьшения запаса ниже целевого ориентира  $B_{tr}$ . Наиболее резкое увеличение риска происходит при изменении  $E_{tr}$  в диапазоне от 0,1 до 0,2 (табл. 4). При возрастании уровня промыслового изъятия в два раза среднеголетний вылов увеличивается на 27%, а промысловый запас снижается на четверть.

Таблица 4

Результаты тестирования ПРП камчатского краба Баренцева моря при изменении уровня эксплуатации от 0,1 до 0,2

Уровень эксплуатации ( $E_{tr}$ )	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
Среднегодовой вылов, т	9386	9823	10209	10553	10886	11123	11359	11573	11754	11882
Медиана промыслового запаса, т	96901	92743	88812	85735	82569	80331	77837	75749	74263	72547
Риск $B_{tr} < B_{tr}$ , %	0,00	0,00	0,47	3,63	11,83	19,10	26,94	32,94	35,92	38,69

В результате анализа целесообразности использования разнообразных элементов ПРП выявлено, что при целевом уровне изъятия 0,17 различия в величинах среднегодового вылова и промыслового запаса малы и составляют менее 3%. При увеличении целевого уровня эксплуатации свыше 0,2 расхождение в показателях начинает проявляться нагляднее (рис. 24). Наиболее консервативный сценарий (высокий запас при низком вылове) показывает расчет с учетом всех рассматриваемых элементов правил регулирования. При отсутствии межгодовых ограничений вылова различия в величинах среднегодового вылова могут увеличиться от 3 до 7 % и, соответственно, промысловый запас будет несколько ниже.

При однозональном подходе регулирования вылова, когда степень эксплуатации не



зависит от уровня запаса и ориентиры по биомассе отсутствуют, среднегодовой вылов находится на максимальном уровне, тогда как промысловый запас снижается до минимальных значений.

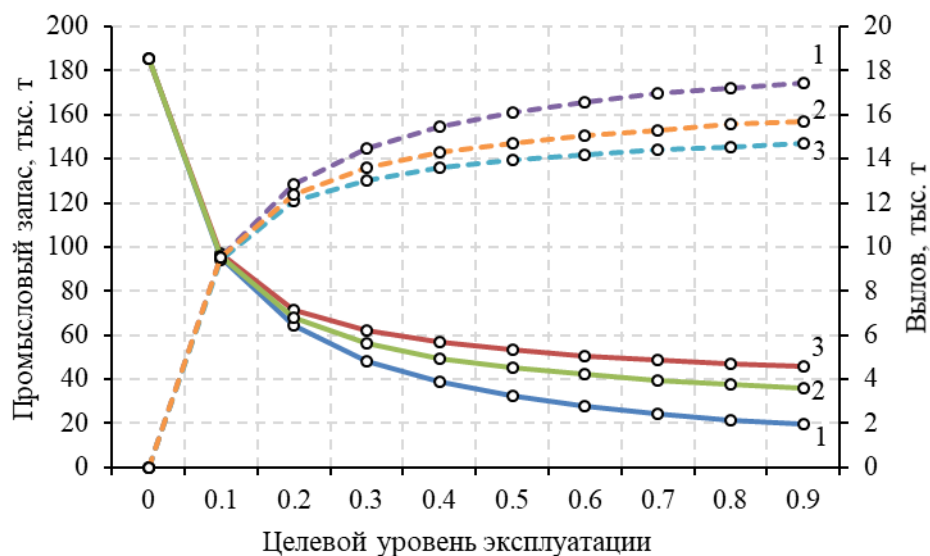


Рис. 24. Зависимость медианных величин промыслового запаса (сплошные линии) и вылова (пунктирные линии) от разного целевого уровня эксплуатации при трех вариантах ПРП: однозональный подход (1); при текущем ПРП без межгодового ограничения (2) и с ограничением вылова (3), см. пояснения в тексте

Таким образом, использование ориентиров по биомассе и межгодовое ограничение вылова наиболее выражено проявляется при увеличении промыслового пресса. В то же время ситуация с высокой степенью эксплуатации может возникнуть не только при намеренном увеличении целевой эксплуатации, но и в случаях высокой ошибки оценки запаса, которая зачастую ведет к чрезмерной промысловой нагрузке. В случаях переоценки или существенной недооценки ограничение межгодового вылова будет способствовать более эффективному и предосторожному управлению запасом.

Оценка динамики величины запаса и вылова при различных вариантах ограничения межгодового вылова показала, что медианные значения вылова и промыслового запаса остаются практически без изменений (табл. 5). В то же время при увеличении максимального изменения возможного ОДУ с 10 до 100 % закономерно растет среднегодовое изменение вылова и уменьшается доля лет, когда возникает необходимость ограничения на рост или снижение ОДУ.

Результаты тестирования ПРП камчатского краба Баренцева моря при разных уровнях ограничения межгодовых изменений ОДУ

Ограничение межгодовых изменений ОДУ, %	Медиана пром. запаса, тыс. т	Медиана вылова, тыс. т	Среднегодовая изменчивость вылова, %	Доля лет когда применялось ограничение, %	
				на рост ОДУ	на снижение ОДУ
10	74,2	11,8	9	43	39
20	75,5	11,6	17	37	29
30	75,9	11,6	23	32	21
40	76,0	11,5	29	27	14
50	75,9	11,6	34	24	9
100	75,1	11,7	47	12	0
нет	73,5	11,8	49	-	-

Таким образом, принимая во внимание существующий средний уровень информационной обеспеченности, аналитическая оценка ПРП камчатского краба в Баренцевом море может быть выполнена, хотя и с учетом существенных допущений из-за отсутствия исследовательских съемок в последние годы. Результаты имитационного моделирования показали, что предложенное в 2015 г. ПРП камчатского краба в Баренцевом море соответствует предосторожному подходу. Благодаря выбранному сравнительно низкому целевому уровню изъятия, использование в расчетах различных вариантов пополнения и величин ошибки оценки запаса не увеличивает риск снижения промыслового запаса ниже  $B_{lim}$ . В соответствии с расчетами имитационной модели, существенное повышение целевого уровня эксплуатации не приводит к значительному росту ежегодного вылова. В то же время при этом возрастает риск уменьшения запаса ниже целевого ориентира  $B_{tr}$ .

#### 4.4. Оценка оптимального промыслового размера камчатского краба в Баренцевом море

Выбор используемой в настоящее время промысловой меры камчатского краба в Баренцевом море был основан на опыте эксплуатации популяций тихоокеанского региона и базировался на интуитивном подходе, предполагающем, что для благополучного существования популяции необходимо дать самцам поучаствовать в размножении минимум два раза до начала их промысла. Данный подход является версией подхода Бэра (1961), когда промысловая мера подбирается так, чтобы обеспечить каждой особи возможность хотя бы однократного участия в размножении.

Применение подхода, описанного Бэром, оправдано на начальном этапе регулирования промысла, когда мы имеем слабое представление о запасах и его биологических и промысловых характеристиках ввиду низкой информационной обеспеченности. Такой подход вызывает обоснованные вопросы: почему особь должна поучаствовать в размножении минимум один, а не два, три или четыре раза? Кроме того, данный подход предполагает регулирование только одного из параметров промысла – возраста особи в момент вступления ее в эксплуатацию, но никак не регламентирует другой показатель – интенсивность промысла. В результате возможно нерациональное использование запасов: при низкой интенсивности промысел будет находиться в фазе экономического недолова, при высокой – в фазе экономического перелома, который может

перейти в перелов биологический (Шибает, 2007).

*Выбор доли изъятия.* Моделирование оптимального промыслового размера основывалось на концепции максимального устойчивого улова, который может достигаться при различных уровнях промысловой эксплуатации и величине минимального промыслового размера. Для определения оптимального уровня эксплуатации (доли изъятия) были рассчитаны численность промыслового запаса, величина вылова и суммарная стоимость продукции при различной доле изъятия промыслового запаса и разных предположениях об уровне травматической смертности (рис. 25).

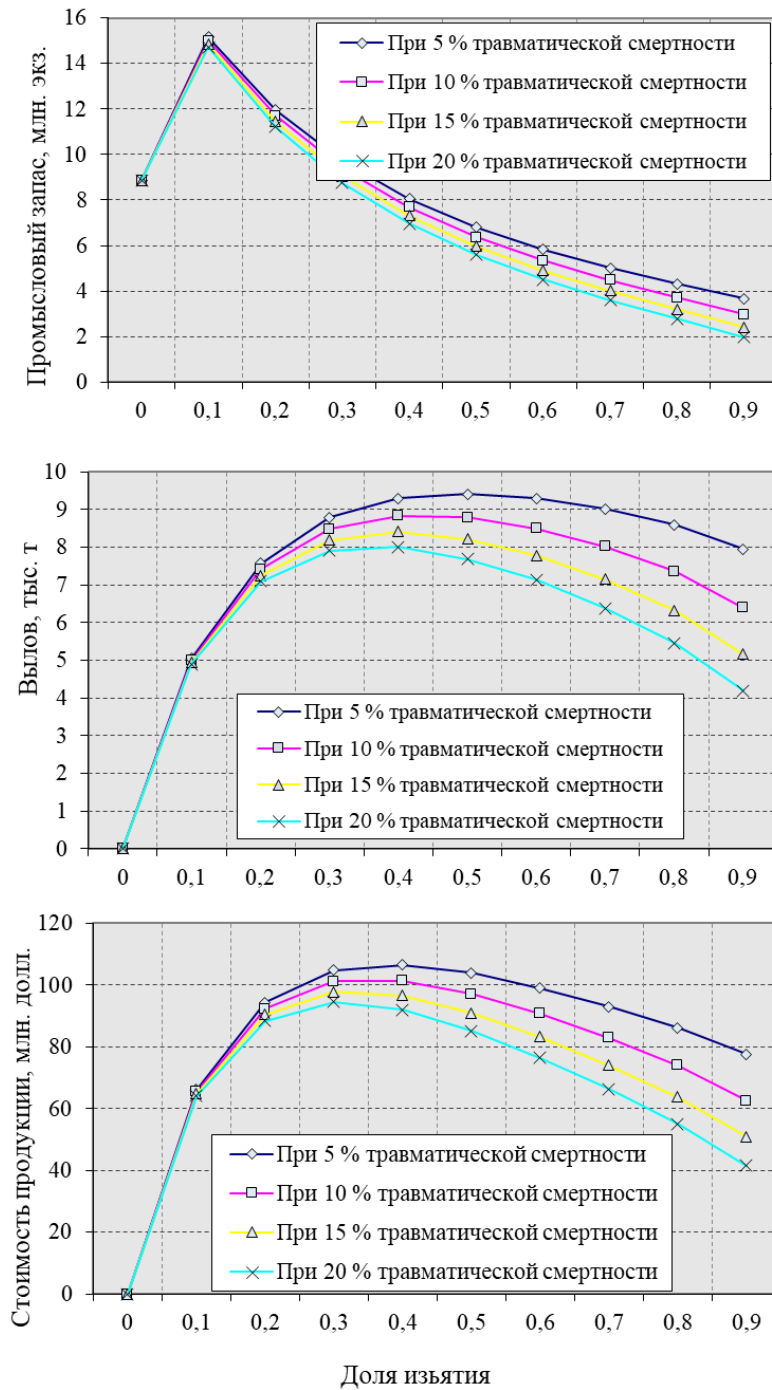


Рис. 25. Зависимость средних величин численности промыслового запаса, вылова и суммарной стоимости продукции от уровня эксплуатации (доли изъятия от численности промыслового запаса) при различных предположениях об уровне травматической смертности.

Расчеты показали, что с увеличением доли изъятия величина промыслового запаса закономерно снижается. Наиболее резкое снижение численности происходит при увеличении доли изъятия от 0,1 до 0,5. При уровне изъятия в 20 – 30%, рекомендованном учеными России и Норвегии в рамках СРНК в конце XX в., величина запаса находится на уровне 9 – 12 млн экз.

Вылов в массовом выражении достигает максимума при 40 – 50% изъятия, однако этот максимум выражен не четко, а прирост вылова при увеличении доли изъятия свыше 30% становится незначительным. При различной травматической смертности и доле изъятия в 30 – 60 % вылов в среднем составляет 8,4 тыс. т.

Суммарная стоимость продукции (Баканев, Ковалев, 2015) достигает максимума при доле изъятия в 30 – 40 %. С увеличением травматической смертности максимум смещается в сторону снижения доли изъятия. При различной травматической смертности и доле изъятия в 30 – 60 % суммарная стоимость продукции в среднем составляет 95 млн долларов.

Анализируя зависимость суммарного веса вылова и стоимости продукции от доли изъятия, можно сделать вывод о том, что повышение доли изъятия свыше 20 – 30% нецелесообразно. Кроме того, снижение численности запаса при росте уровня изъятия будет сопровождаться соответствующим падением производительности промысла, что потребует повышения промысловых усилий для выбора квот, а значит будет приводить к сокращению общей прибыли от эксплуатации запаса.

Таким образом, в качестве оптимального уровня изъятия может быть принята величина в 30%. Дальнейшие расчеты оптимальной промысловой меры были выполнены для этого уровня изъятия.

*Оценка оптимального промыслового размера.* Анализ результатов моделирования динамики численности показал, что при выборе минимального промыслового размера по ШК от 100 до 210 мм общая численность запаса растет с 15 до 30 млн экз., а промысловая – снижается с 15 до 0,1 млн экз. (рис. 26). Численность промыслового запаса падает при увеличении минимальной промысловой меры, поскольку при этом уменьшается количество формирующих его размерных категорий крабов. При использовании различных допущений о величине травматической смертности моделируемая численность промыслового запаса варьирует незначительно, а вариации общей численности достигают максимума при возрастании минимального промыслового размера.

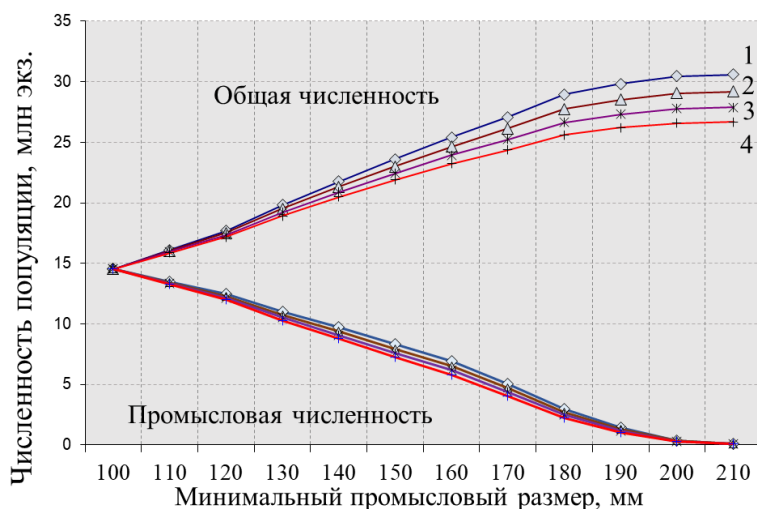


Рис. 26. Оцененная в имитационной модели зависимость общей и промысловой численности краба от минимального промыслового размера (ШК) при разных предположениях о травматической смертности: 1 – 5%-ная, 2 – 10%-ная, 3 – 15%-ная, 4 – 20%-ная. Уровень эксплуатации (доля изъятия от численности промыслового запаса) равен 30%

При увеличении меры «минимальный промысловый размер» общая численность запаса растет и снижается риск его подрыва при возможной ошибке оценки или перелове квоты. Так, с увеличением промысловой меры со 150 до 170 мм по ШК численность общего запаса увеличивается на 14% (табл. 6). Несмотря на уменьшение численности промыслового запаса (за счет сокращения количества входящих в него размерных групп), суммарной массы улова и массы готовой продукции, с увеличением промысловой меры до 170 мм общая стоимость продукции остается на максимальном уровне. Таким образом, оптимальная промысловая мера находится в диапазоне 150 – 170 мм по ШК.

Таблица 6

Численность запаса, вылов и стоимость продукции при различных значениях промысловой меры «минимальный промысловый размер» камчатского краба в Баренцевом море по расчетам имитационной модели (принятый уровень травматической смертности – 10%, уровень эксплуатации – 30%)

Минимальный промысловый размер по ШК	Запас, млн экз.		Вылов		Стоимость продукции,
	общий	промысловый	млн экз.	тыс. т	млн \$
100	14,0	14,0	4,5	8,0	79
110	15,3	14,0	4,2	8,1	83
120	16,6	13,0	3,9	8,2	87
130	18,0	11,9	3,6	8,3	91
140	19,7	10,6	3,2	8,3	96
150	21,2	9,4	2,8	8,3	101
160	22,7	8,2	2,5	8,0	103
170	24,1	7,0	2,1	7,6	103
180	25,5	5,5	1,7	6,6	95
190	26,8	3,9	1,2	5,2	79
200	28,0	2,3	0,7	3,6	56
210	28,6	1,2	0,3	2,1	31

При уровне промысловой эксплуатации в 30%, который в соответствии с результатами моделирования может считаться оптимальным, представляется целесообразным выбрать в качестве оптимальной промысловой меры 170 мм ширины карапакса краба. Увеличение «минимального промыслового размера» относительно используемого в практике (150 мм) значительно уменьшает риск критического снижения численности популяции при сохранении экономических показателей ее эксплуатации на стабильно высоком уровне.

Следует отметить, что при исключении из анализа фактора стоимости продукции оптимальная величина промысловой меры оценивается на уровне в 130 – 150 мм по ШК, что обеспечивает максимум вылова – 8,3 тыс. т (см. табл. 6).

При оценке оптимального промыслового размера необходимо также учитывать параметры связи «запас – пополнение». Результаты анализа различных вариантов пополнения промыслового запаса показали, что выбор любого из трех гипотетических вариантов пополнения не влияет существенно на результаты имитационного моделирования. Стоит отметить, что в данных расчетах гипотетический выбор динамики пополнения не учитывает его связь с запасом. В настоящее время короткий ряд наблюдений не позволяет функционально описать зависимость «запас – пополнение» для баренцевоморской популяции камчатского краба, что значительно увеличивает неопределенность оценок параметров в ходе имитационного моделирования.

Таким образом, анализ исходных данных и модельных расчетов выявил, что

аналитическая оценка оптимального промыслового размера камчатского краба в Баренцевом море может быть выполнена, хотя и с учетом существенных допущений. При максимально допустимом уровне промысловой эксплуатации в 30%, оптимальная промысловая мера для камчатского краба должна соответствовать 170 мм ширины его карапакса. Увеличение «минимального промыслового размера» до 170 мм значительно уменьшает риск критического снижения численности популяции при сохранении экономических показателей ее эксплуатации на стабильно высоком уровне. Целесообразность такого увеличения очевидна только при условии включения в расчеты экономического показателя (стоимость продукции), а также принятия ряда допущений, в частности о правильности выбора зависимости «запас – пополнение» и величины травматической смертности. Для получения более надежной оценки оптимального промыслового размера необходимо повышение уровня информационного обеспечения запаса.

## Глава 5. Принципы единой стратегии регулирования промысла беспозвоночных в Баренцевом море

### 5.1. Принципы рационального управления запасами беспозвоночных в отечественной и международной практике

В настоящее время эксплуатация большинства запасов беспозвоночных в районах Мирового океана происходит в рамках концепций и принципов, разработанных в конце XX века для рационального управления запасами рыб. В процессе управления запасами гидробионтов, согласно теории управления, можно выделить четыре уровня его рассмотрения: концептуальный (концепции), анализа (оценка запаса), синтеза (план управления) и реализации (меры регулирования). При этом реализация каждого уровня зависит от объема и качества информационного обеспечения, т.е. входных данных для системы управления (рис. 27).

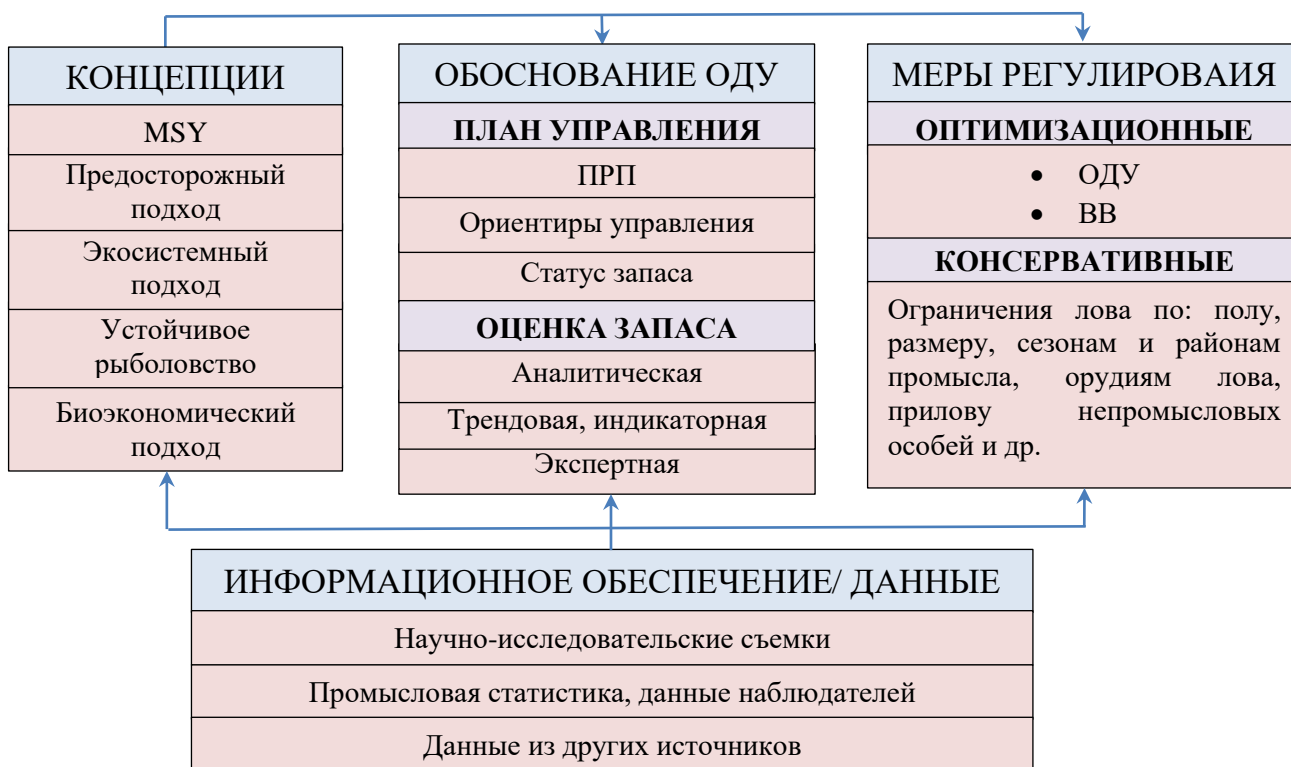


Рис. 27. Принципиальная блок-схема взаимосвязи элементов рациональной эксплуатации запасов гидробионтов (см. пояснения в тексте)

Теоретические основы рационального рыболовства основаны на двух приоритетных концепциях: максимального устойчивого улова (*MSY*) и предосторожного подхода. Концепция *MSY* впервые была декларирована в Конвенции ООН по морскому праву (UNCLOS, 1982). В рыболовстве *MSY* определяется как максимальный улов (по количеству или массе), который может быть получен от популяции в течение неопределенного периода времени. Концепция *MSY* основана на прибавочной продукции, создаваемой популяцией, чей уровень ниже экологической емкости среды. Несмотря на многочисленную критику этого подхода, *MSY* остается ключевой парадигмой в управлении рыболовством (Бивертон, Холт, 1969; Рикер, 1979; Shepherd, 1982; Hilborn, Walters, 1992).

Попытки точной оценки *MSY* столкнулись с рядом неопределенностей, которые послужили основой для формирования концепции предосторожного подхода (UNCED, 1992; FAO, 1993; UN, 1995). По сути принцип предосторожности представляет собой комплекс мер, направленный на снижение рисков перелова за счет учета неопределенностей (т.е. неполноты или заведомой недостоверности знаний о системе «запас – промысел», невозможности точно определить ее параметры, характеризующие состояние и тенденции развития). На эффективность управления промыслом влияют несколько типов неопределенностей, в том числе неопределенность наблюдений и моделей, вариативность в реализации стратегий управления и пр. (Holland, Herrera, 2009; Rosenberg, Restrepo, 1994).

Третьей основополагающей концепцией в теории управления рыболовством является экосистемный подход, который позволяет сохранить видовое разнообразие и устойчивое функционирование эксплуатируемой экосистемы на уровне, отвечающем социально-экономическим интересам рыболовства (FAO, 1995). Целью экосистемного подхода является минимизация негативного влияния промысла на водные экосистемы, которая может выражаться в запрете промысла на охраняемых акваториях, ограничениях приловов нецелевых объектов и др. (FAO, 2009).

Три вышеуказанных концепции (*MSY*, предосторожный, экосистемный) образуют основу так называемой парадигмы устойчивого развития (WSED, 1987), которая в рамках управления рыболовством названа «устойчивое рыболовство» (WSSD, 2002). Устойчивое рыболовство – это добыча (вылов) водных биоресурсов (ВБР), осуществляемая в соответствии с нормами национального и международного права, обеспечивающая получение постоянного улова в долгосрочной перспективе, сохраняющая такие промысловые возможности для будущих поколений и поддерживающая состояние биологической, социальной и экономической систем (FAO, 1995). Эта концепция отражает общую философию современных представлений о рациональном использовании ВБР, а методология предосторожного подхода обеспечивает ее реализацию на практике (в условиях неопределенности).

Теория, основы моделирования и управления в рамках биоэкономического подхода были разработаны в конце XX в. (FAO, 1998). Попытки моделирования динамики запаса, учитывающие экономические факторы промысла, достаточно часто встречаются в литературе, однако сам подход широкого применения в международной практике не получил (Clark, 1985; Knowler, 2002). Отечественные биоэкономические исследования ограничиваются работами нескольких авторов (Титова, 2005; Шевченко и др., 2005; Шевченко, Беляев, 2009; Бородин и др., 2010; Ковалев, Клепцова, 2014). Количественный учет экосистемных и биоэкономических параметров в рамках модели эксплуатируемой популяции в настоящее время трудно реализуем в том числе и в силу значительного превышения приемлемого уровня затрат на информационное обеспечение таких моделей (Бабаян, 2015).

Форма реализации вышеуказанных концепций при управлении запасами гидробионтов связана с качеством и объемом информационного обеспечения системы «среда – запас – промысел» (см. рис. 27). Основные источники данных – это научно-исследовательские съемки и промысел (промысловая статистика и данные научных наблюдателей). Кроме того, могут использоваться данные из других источников: оценки прилова исследуемого объекта на других видах промысла, оценка потребления хищниками, информация, полученная от других популяций со схожими биологическими и промысловыми параметрами, оценки абиотических факторов, влияющих на пополнение исследуемого запаса и др. В международной и отечественной практике управления рыболовством объем и качество входных данных разделяют на несколько уровней (от 3 в России до 5 в США), в соответствии с которыми выбираются методы оценки запаса, ориентиров управления и обоснования ПРП.

При первом информационном уровне выполняется всесторонняя аналитическая оценка состояния запаса и ОДУ, т.е. используются структурированные по возрасту или размерам модели. В международной практике управления запасами беспозвоночных к первому информационному уровню относятся запасы краба камчатского и крабов-стригунов опилио и бэрд, обитающих в тихоокеанских водах ИЭЗ США. Для оценки их запасов в 1980 – 2010 гг. использовалась структурированная по размерным классам модель *LBA (length-based analysis)* (см. Главу 2), которая впоследствии была усовершенствована и получила название *General Model for Alaska Crab Stocks (GMACS)* (Zheng, Siddeek, 2015). В отечественной практике аналогичные модели использовались для оценки запасов камчатского краба в дальневосточном регионе (Михеев, 2003) и Баренцевом море (Баканев, 2014).

При втором и последующих аналитических уровнях информационного обеспечения могут использоваться как упрощенные структурированные модели *CSA (catch survey analysis)* с разделением на функциональные группы, так и модели продукционного типа. Модель *CSA* используется для оценки не только запасов крабов (Collie, Kruse, 1998; Miller, 2001; Mesnil, 2003; Баканев, 2014; Ильин, Иванов, 2018), но и северной креветки (Cardin, 2000), американского омара (Conser, Idoine, 1992), атлантического морского гребешка (Conser, 1991) и королевского гребешка (WGScallop, 2018). Различные виды продукционных моделей в настоящее время широко используются для оценки запасов креветок (Hvingel, Kingsley, 2006; Thiaw et al., 2009; Madrid-Vera et al., 2012, Ruelas-Peña et al., 2012, Hvingel, 2015; Баканев, 2020; Karim et al., 2020), крабов (Stocker, Butler, 1990; Hoenig et al., 1994; Jensen, 2005; Davis et al., 2006; Баканев, 2011; Черниенко, 2016) и моллюсков (Баканев, 2018; Urías-Sotomayor et al., 2018; WGScallop, 2019). В настоящее время продукционная модель Пелла-Томлинсона в программной оболочке COMBI, разработанной сотрудниками ВНИРО, используют в прогнозах по равношипому крабу Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской подзон (Бабаян и др., 2017).

Помимо продукционных моделей при среднем уровне информационного обеспечения оценку запасов можно выполнять с помощью регрессионных методов, т.е. моделей истощения ДеЛури и Лесли (DeLury, 1947). Различные модификации этой модели широко применяются для запасов беспозвоночных от кальмаров патагонского шельфа (Agnew et al., 2002; Young et al., 2004) до баренцевоморского камчатского краба (Баканев, 2015). Кроме того, в отечественной практике модификация модели истощения, учитывающая миграционную активность животных и браконьерский промысел, была применена для дальневосточных запасов беспозвоночных (Михеев и др., 2011; Буяновский, 2019 а, б; Буяновский, 2020 а, б).

К низшему, а в российской системе управления к третьему (Бабаян и др., 2018), уровню информационного обеспечения обоснования ОДУ относятся ситуации, когда



недостаточная полнота и/или качество доступной информации исключают использование моделей эксплуатируемого запаса. Обоснование ОДУ строится на эмпирических, трендовых, индикаторных и других приближенных методах, применяемых в случае дефицита информации. К настоящему времени разработано большое количество подобных «немодельных» методов, объединяемых в категорию DLM (Data Limited Methods), некоторые из которых используются для оценки и управления запасами промысловых беспозвоночных (Caddy et al., 2005; Kruse et al., 2005; Dichmont, Brown, 2010; Newman et al., 2015; ICES, 2018; Yue, 2020; Stratman, 2020; Буяновский, 2012; Бабаян и др., 2018).

Оценка запаса в настоящее время является исходным элементом для процедуры обоснования ОДУ, которая также включает в себя выработку так называемого плана управления промыслом (fisheries management plan (FAO, 1997)). Основная цель плана управления – сформировать краткосрочную (обосновать ОДУ) и долгосрочную стратегию эксплуатации запаса с помощью разработки ПРП. Для обоснования стратегии долгосрочного промыслового использования популяции, а также мер регулирования, направленных на реализацию этой стратегии, в настоящее время широко используют концепцию максимального устойчивого улова  $MSY$ , описанную выше. Если известна цель эксплуатации данного запаса, например, максимизация среднеегодового вылова, эта цель выражается в биологических и промысловых терминах, например,  $B_{MSY}$  и  $F_{MSY}$ . Параметры, характеризующие выбранную цель, называются критериями регулирования или целевыми ориентирами управления (FAO, 1993). В процессе адаптации теоретических принципов устойчивого развития и предосторожного подхода к регулированию конкретных промыслов, появилась необходимость расширить перечень целевых ориентиров управления за счет опорных точек, учитывающих неопределенность в оценках используемых параметров. Такие граничные ориентиры ( $\%B_{MSY}$ ,  $\%F_{MSY}$ ), которые могут рассчитываться как верхняя ( $B_{pa} = \%B_{MSY}$ ) или нижняя ( $F_{pa} = \%F_{MSY}$ ) граница 95%-ных доверительных интервалов, помогают существенно уменьшить риск подрыва запаса за счет некоторого ограничения промысла (рис. 28).

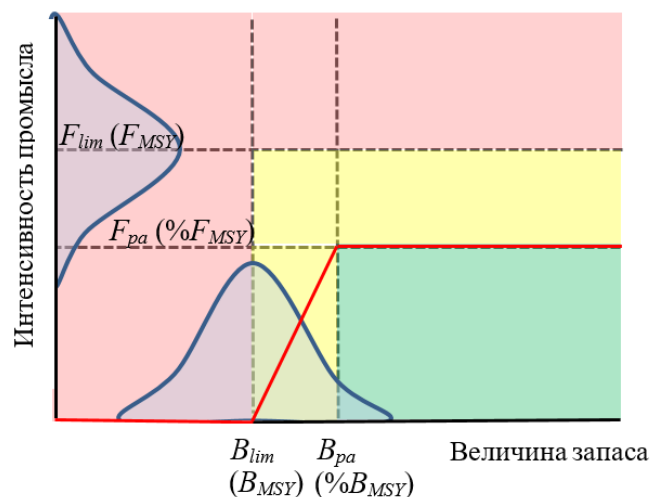


Рис. 28. Пример зонального представления правила регулирования промысла (ПРП, красная линия), основанного на оценке граничных ( $B_{lim}$ ,  $F_{lim}$ ) и предосторожных ( $B_{pa}$ ,  $F_{pa}$ ) ориентиров управления (в скобках приведены варианты технических ориентиров, рассчитанных в рамках концепции  $MSY$ ). (зеленая область – зона устойчивого состояния запаса; желтая – буферная зона; красная – зона перелова; голубая область – плотность вероятности распределения возможных значений ориентиров управления (Gabriel, Mace, 1999)

В мировой практике методы оценки ориентиров управления зависят от полноты и качества информационного обеспечения запаса. Высокий информационный уровень позволяет оценить ориентиры через формализованные методы, тогда как низкий вынуждает использовать экспертные нестандартные подходы, основанные на имеющейся статистике промысла (Caddy, 1998; Graham et al., 2008; Буяновский, 2012).

Целенаправленное воздействие на запас осуществляется с помощью научно обоснованных мер регулирования рыболовства, которые можно разделить на оптимизационные (ОДУ, возможный вылов (ВВ)) и консервативные (ограничения лова по: полу, размеру, сезонам и районам промысла, орудиям лова, прилову непромысловых особей и др.). Критерии регулирования при этом выполняют роль своеобразных точек отсчета, относительно которых определяется удаление текущего состояния запаса от целевого и оценивается величина промыслового воздействия для внесения необходимых корректив в динамику популяции.

## **5.2 Правило регулирования промысла беспозвоночных в Баренцевом море при разном уровне информационного обеспечения**

Международный и отечественный опыт эксплуатации запасов беспозвоночных требует выработки четких и научно обоснованных стратегий регулирования их промысла. В рамках разработки таких стратегий на основе анализа данных о системе эксплуатации запаса строится ее операционная модель, которая позволяет получить алгоритм управления системой для достижения целей управления. Построение такой модели зависит от множества элементов, включающих в себя: уровень и качество информационного обеспечения, текущее состояние системы в рамках индикаторов и ориентиров управления, ретроспективный анализ, установка цели эксплуатации, прогнозирование, риск-анализ и др.

В настоящее время информационной основой рационального управления запасами беспозвоночных в Баренцевом море являются данные системы «окружающая среда – запас – промысел», получаемые как в ходе прямых наблюдений за популяцией и промыслом, так и опосредованно, в рамках долговременного мониторинга всей экосистемы Баренцева моря (рис. 29).

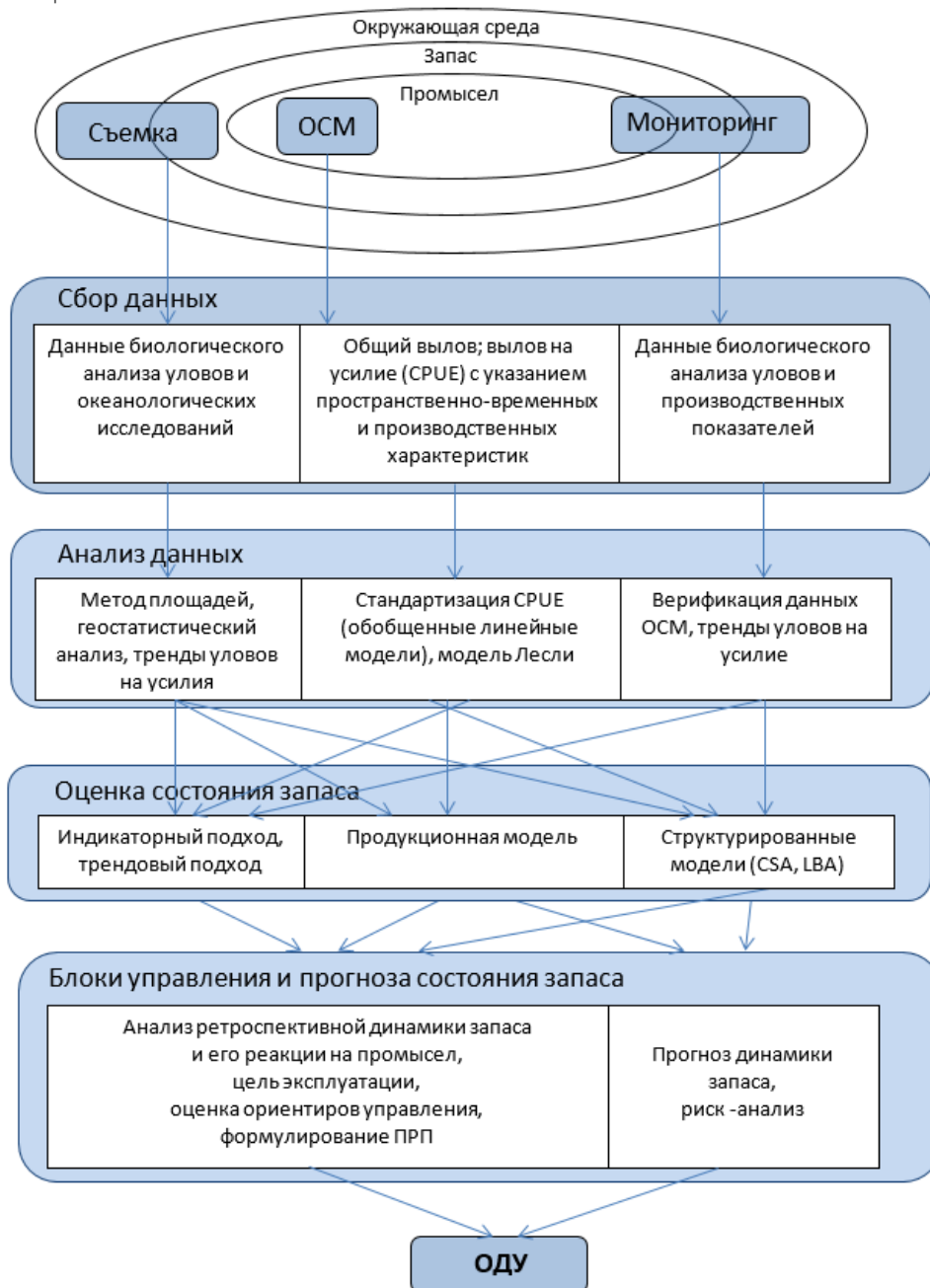


Рис. 29. Принципиальная схема оценки общего допустимого улова промысловых беспозвоночных в российских водах Баренцева моря (см. пояснения в тексте)

Анализ данных, получаемых из вышеуказанных источников, происходит в несколько этапов, зависящих от самого информационного источника, метода сбора и цели их последующего использования. Основной целью научно-исследовательских съемок является получение временных рядов популяционных параметров запаса для оценки динамики промыслового и общего запасов, пополнения, а также последствий промысла (например, определение доли особей с травмами и доли половозрелых самок без икры). Для оценки индексов численности используются как простейшие статистические методы (расчет среднего улова и дисперсии) и метод площадей (Cochran, 1963; Аксютин, 1968), так и геостатистические методы (кригинг, 2D-сплайн), реализованные в программе Картмастер (Бизиков и др., 2006).

Данные биологического анализа уловов и производственных показателей, полученных наблюдателями в ходе промыслового мониторинга, используются для уточнения данных научно-исследовательских съемок и промысловой статистики

отраслевой системы мониторинга (ОСМ). Кроме того, оценивается величина выбросов непромысловых особей, доли травмированных особей в промысловых уловах, а также яловых самок. Увеличение доли вышеуказанных особей служит одним из индикаторов возрастающего промыслового пресса на запас и может являться, например, дополнительным аргументом в пользу снижения ОДУ.

Промысловая статистика, полученная по ОСМ, используется для расчета ежегодного вылова краба, а также для оценки стандартизированного улова на усилие CPUE. Процедура стандартизации с использованием обобщенной линейной модели (GLM) служит для учета различий в производительности судов, обусловленных как различными производственными характеристиками, так и пространственно-временными факторами. Дополнительно в качестве индикатора используется средний вылов на одни судо-сутки лова в ходе одного промыслового сезона. Кроме того, показатели вылова и производительности промысла используются в качестве входных данных для оценки промыслового запаса на акватории промысла по модели истощения Лесли (Баканев, 2015).

Заключительным этапом в анализе данных является построение временных рядов для аналитической оценки по продукционной модели или структурированным моделям (CSA, LBA), а также построение индикаторной таблицы, включающей в себя как вышеуказанные временные ряды, так и второстепенные индикаторы. При этом оценка состояния запаса, ориентиров управления и ПРП будут зависеть от объема и качества обеспечения данными этого запаса.

История исследований и эксплуатации запасов беспозвоночных в Баренцевом море позволяет выделить 4 уровня информационного обеспечения. При *первом* уровне информационного обеспечения доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса. В мировой практике для оценки запасов беспозвоночных используются модели, основанные на динамике численности размерных групп (*LBA, Stock Synthesis*). При этом минимальные требования к составу информации включают в себя: ряды индексов размерных групп, полученных по съемкам, ежегодный вылов по размерным группам, данные по выбросам и травматической смертности, данные о групповом росте и частоте линьки животных.

При *втором* уровне информационного обеспечения доступная информация обеспечивает проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием моделей CSA, основанных на динамике функциональных групп (пререкрутов, рекрутов, пострекрутов). Минимальные требования к составу информации: наличие исторических рядов индексов численности функциональных групп по съемкам, ежегодный вылов и данные о групповом росте и частоте линьки животных.

При *третьем* уровне информационного обеспечения «доступная информация обеспечивает проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием продукционных и близких к ним моделей. Минимальные требования к составу информации: наличие исторических рядов уловов и уловов на единицу промыслового усилия (или промысловых усилий).

При *четвертом* уровне информационного обеспечения недостаточная полнота и/или качество доступной информации исключают использование моделей. В истории эксплуатации беспозвоночных Баренцева моря данный уровень был характерен для запасов-крабов-вселенцев в начальный период их эксплуатации и исследования. Обоснование ОДУ строится на эмпирических, трендовых, индикаторных и других «немодельных» методах, применяемых в случае дефицита информации (Бабаян и др., 2018). При этом вместо формализованного ПРП используется так называемый адаптивный режим управления. Такой режим подразумевает планомерное увеличение (изменение)

ежегодного вылова ( $C$ ) с учетом реакции запаса в целях оптимального выбора уровня изъятия эмпирическим методом. Реакции запаса оцениваются по динамике индекса запаса ( $B'$ ), определенного по данным съемок или производительности промысла (табл. 7).

При переходе с 3-го на 2-й информационный уровень, когда оценка состояния запаса и его прогноз выполняются с помощью структурированной модели, основанной на динамике функциональных групп, и неопределенность оценки существенно снижается рекомендуется использование предосторожного и  $MSY$  подходов, принятых в настоящее время для большинства запасов, рассматриваемых на Рабочих группах ИКЕС (см. 1 главу). При этом предосторожный ориентир 3 уровня  $B_{tr}$ , который выше  $B_{MSY}$ , заменяется на  $B_{pa}$  (эквивалент  $MSY B_{trigger}$ , равный  $0,5 * B_{MSY}$  при продукционном подходе) и устанавливается ниже  $B_{MSY}$ .

При переходе со 2-го на 1-й информационный уровень, когда становится возможным всестороннее аналитическое оценивание состояния запаса и параметров системы запас – промысел, эксплуатация запаса возможна на уровне  $F_{MSY}$ , а зеленая зона устойчивого состояния запаса при этом делится на 3 подобласти в соответствии с рекомендациями методического руководства «Правила регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» под редакцией В.А. Бизикова (ФГБНУ «ВНИРО»).

В зависимости от уровня информационного обеспечения и статуса запаса формулируется цель стратегии его эксплуатации. Как показано в главе 1 на продолжительном временном горизонте глобальной целью рационального управления является достижение промыслом уровня, соответствующего максимальному равновесному вылову. В случае, если запас находится в зоне перелова стратегической целью является его восстановление выше уровня  $B_{lim}$ . Когда запас находится в желтой зоне с высоким риском перелова целью управления становится обеспечение щадящего вылова для восстановления запаса выше уровня  $B_{MSY}$ . Находясь в зеленой зоне устойчивого состояния запаса, в зависимости от уровня обеспечения данными цель эксплуатации может быть как поддержание стабильного вылова на уровне  $F_{tr}$  (4 – 3 уровень), так и его максимизация до уровня  $F_{MSY}$  (1 уровень).

Формальное и графическое\* представление правила регулирования промысла с учетом разных уровней информационного обеспечения, статуса запаса и ориентиров управления

Уровень	Статус	Формальное представление ПРП	Графическое представление ПРП
1	а	$F_i = F_{MSY}, \text{ если } \frac{B}{B_{MSY}} > 3 * B_{pa};$ $F_i = F_{MSY} \frac{B_i - B_{MSY}}{3 * B_{pa} - B_{MSY}}, \text{ если } B_{MSY} < \frac{B}{B_{MSY}} \leq 3 * B_{pa};$ $F_i = F_{tr}, \text{ если } B_{pa} > \frac{B}{B_{MSY}} > B_{MSY};$	
	б	$F_i = F_{tr} \frac{B_i - B_{lim}}{B_{pa} - B_{lim}}, \text{ если } B_{lim} < \frac{B}{B_{MSY}} \leq B_{pa};$	
	в	$F_i = F_0, \text{ если } \frac{B}{B_{MSY}} \leq B_{lim}.$	
2	а	$F_i = F_{tr}, \text{ если } \frac{B}{B_{MSY}} > B_{pa};$	
	б	$F_i = F_{tr} \frac{B_i - B_{lim}}{B_{trpa} - B_{lim}}, \text{ если } B_{lim} < \frac{B}{B_{MSY}} \leq B_{pa};$	
	в	$F_i = F_0, \text{ если } \frac{B}{B_{MSY}} \leq B_{lim}.$	
3	а	$F_i = F_{tr}, \text{ если } \frac{B}{B_{MSY}} > 1;$	
	б	$F_i = F_{tr} \frac{B_i - B_{lim}}{B_{tr} - B_{lim}}, \text{ если } B_{lim} < \frac{B}{B_{MSY}} \leq 1;$	
	в	$F_i = F_0, \text{ если } \frac{B}{B_{MSY}} \leq B_{lim}.$	
4	б	<p>Планомерное увеличение (изменение) ежегодного вылова с учетом реакции запаса с целью оптимального выбора уровня изъятия эмпирическим методом</p>	

\* Закрашенные зоны, определены в рамках концепции предосторожного подхода: зеленая «безопасная», желтая - зона «повышенного риска» и красная - зона «высокого риска» подрыва запаса по пополнению. Целевой уровень эксплуатации по ПРП с учетом (зеленая линия) и без учета (черная) предосторожного подхода



## ВЫВОДЫ

1. На рубеже XX – XXI вв. динамика биомассы интродуцированного камчатского краба и стихийного вселенца краба-стригуна опилио соответствовала процессу формирования новых популяций. За период исследований их ареал значительно расширился, численность увеличилась на три порядка, а продуктивность достигла уровней, сравнимых с популяциями нативного ареала. Благополучное состояние запасов северной креветки, краба-стригуна опилио и камчатского краба позволяет в долгосрочной перспективе увеличить объемы их добычи. В то же время перелов исландского гребешка на рубеже веков явился причиной депрессивного состояния его запасов и привел к полному прекращению промысла. В ближайшие годы восстановление численности его популяции даже при отсутствии промысла маловероятно.

2. Стохастические когортные модели существенно лучше описывают динамику популяции беспозвоночных, чем детерминистические. Байесовский метод позволяет включать в алгоритм оценки дополнительные знания в виде априорных распределений различных параметров, тем самым восполняя недостающие эмпирические данные. Когортные модели *LBA* и *CSA* для оценок запасов более эффективны, чем производственные, однако требуют гораздо более высокого уровня информационной обеспеченности, который не может быть реализован текущими инструментальными методами. В то же время конструкцию стохастической производственной модели, в которой реализована концепция прибавочной продукции, удобно использовать для обоснования стратегии долговременного промыслового использования популяции, а также мер регулирования, направленных на реализацию этой стратегии.

3. Наиболее корректные оценки целевых ориентиров могут быть получены с использованием стохастических производственных моделей, учитывающих не только входные данные, но и предположения об экологической емкости среды и максимальном устойчивом улове в виде априорных распределений этих параметров. При этом медиана целевого уровня эксплуатации оценивается в рамках биологически правдоподобных значений (15–16 %) от величины промыслового запаса для ракообразных. Согласно результатам моделирования текущего состояния запасов крабов-вселенцев, в Баренцевом море их ежегодный вылов в долгосрочной перспективе может быть увеличен в два-три раза при условии смены стратегии управления запасами с «поддержания стабильного вылова» на получение максимально устойчивого улова.

4. Модельный анализ целесообразности использования различных элементов ПРП показал, что при среднем уровне информационного обеспечения и целевой доле изъятия до 20% от промыслового запаса приемлем однозональный принцип регулирования, когда рекомендуемое промысловое изъятие не зависит от состояния запаса, а фиксируется на одном из заданных уровней. При увеличении целевого уровня эксплуатации дополнительные элементы ПРП (ориентиры управления по биомассе и межгодовое ограничение ОДУ) снижают риск перелова и существенно уменьшают межгодовую изменчивость вылова.

5. Наиболее корректные аналитические оценки оптимального промыслового размера беспозвоночных могут быть получены при высоком уровне информационного обеспечения. Оптимальная промысловая мера (ПМ) для запаса камчатского краба находится в диапазоне 150 – 170 мм по ширине карапакса. При увеличении ПМ общая численность запаса растет, снижается риск его подрыва при возможной ошибке оценки возможного вылова или превышении квоты. При увеличении уровня промысловой эксплуатации до 30% оптимальная ПМ для камчатского краба должна соответствовать 170 мм по ШК. Замена существующей ПМ (150 на 170 мм) приведет к уменьшению риска

критического снижения численности популяции при сохранении экономических показателей ее эксплуатации на стабильно высоком уровне.

6. Стратегия регулирования промысла беспозвоночных Баренцева моря, направленная на обеспечение устойчивого развития отечественного рыболовства, должна соответствовать принципам предосторожного подхода и концепции максимального устойчивого улова, а также учитывать уровень обеспечения запаса научными данными. В зависимости от уровня информационного обеспечения выбирается модель оценки запасов и правило регулирования их промысла, позволяющее оценить оптимальный уровень изъятия в прогнозные годы. С увеличением промыслового пресса на запас необходимо усложнять схему управления в рамках повышения информационного обеспечения. Адаптивный режим управления, стимулирующий развитие промысла, необходимо применять к запасам, недоиспользуемым промыслом (северная креветка, краб-стригун опилио). Наиболее строгий режим регулирования должен применяться к запасам, в истории промысла которых наблюдались переловы (камчатский краб, исландский гребешок).

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. **Баканев С. В.** Результаты применения стохастической когортной модели CSA для оценки запаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в Баренцевом море / С. В. Баканев // Вопросы рыболовства. – 2008. – Т. 9. – № 2 (34). – С. 294 – 306.
2. **Баканев С. В.** Проблемы оценки запаса и регулирования промысла камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в Баренцевом море/ С. В. Баканев // Вопросы рыболовства. – 2009. – Т. 10. – № 1 (37). – С. 51 – 63.
3. **Баканев С. В.** О моделировании динамики численности краба–стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) в Баренцевом море/ С. В. Баканев, В. А. Павлов // Вопросы рыболовства. – 2010. – Т. 11. – № 3 (43). – С. 485 – 496.
4. **Баканев С. В.** Оценка состояния запаса камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в российских водах Баренцева моря в 1994 – 2011 гг. / С. В. Баканев // Труды ВНИРО. – 2014. – Т. 151. – С. 27 – 35.
5. **Баканев С.В.** Современное состояние промысловых биологических ресурсов в Северо-Восточной Атлантике и Баренцевом море / С. В. Баканев, К.В. Древетняк, А.И. Крысов и др.// Вопросы рыболовства. – 2014. – Т. 15. – № 4. – С. 391 – 416.
6. **Баканев С.В.** Исследование динамики запаса исландского гребешка *Chlamys islandica* в Баренцевом море с помощью продукционной модели/ С. В. Баканев, П. Н. Золотарев // Вопросы рыболовства. – 2015. – Т. 16. – № 1. – С. 49 – 63.
7. **Баканев С. В.** Оценка запаса камчатского краба в Баренцевом море с использованием моделей истощения/ С. В. Баканев // Вопросы рыболовства. – 2015. – Т.16. – № 4. – С. 465 – 476.
8. **Баканев С. В.** Оценка оптимального промыслового размера камчатского краба в Баренцевом море/ С. В. Баканев, Ю. А. Ковалев // Вопросы рыболовства. – 2015. – Т.16. – № 4. – С.477 – 488.
9. **Баканев С.В.** Оценка правила регулирования промысла камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в российских водах Баренцева моря/ С. В. Баканев // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 163. – С. 25 – 35.
10. **Баканев С.В.** Методы оценки ориентиров управления запасом камчатского краба в Баренцевом море/ С. В. Баканев // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 161. – С. 16 – 26.
11. **Баканев С.В.** Промысловые беспозвоночные Баренцева моря: состояние

ресурсов и промысел/ С. В. Баканев // Вопросы рыболовства. – 2016. – Т. 17. – № 4. – С. 406 – 420.

12 **Баканев С.В.** Перспективы промысла краба–стригуна (*Chionoecetes opilio*) в Баренцевом море / С. В. Баканев // Вопросы рыболовства. – 2017. – Т. 18, № 3. – С. 286 – 303.

13 **Баканев С.В.** Правило регулирования промысла исландского гребешка в рамках нового подхода к оценке состояния его запаса в Баренцевом море/ С. В. Баканев, И. Е. Манушин // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19, № 3. – С. 387 – 400.

14 **Баканев С.В.** Стандартизация производительности промысла камчатского краба в российских водах Баренцева моря в 2010 – 2018 гг. с помощью обобщенной линейной модели /С.В. Баканев // Вопросы рыболовства. – 2019. – Т. 20. – № 3. – С. 363 – 373.

15 **Баканев С.В.** Современные проблемы оценки запаса северной креветки в Баренцевом море/ С.В. Баканев // Вопросы рыболовства. – 2020. – Т. 21, № 2. – С. 1 –17.

16 Стесько А.В. Оценка приловов камчатского краба на промысле донных рыб в исключительной экономической зоне России в Баренцевом море и эффективности их регулирования / А.В. Стесько, **С.В. Баканев** // Вопросы рыболовства. – 2019. – Т. 20. № 2. – С. 192 – 205.

17 **Баканев С. В.** Перспективы промысла краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в Карском море/С.В. Баканев, В. А. Павлов // Вопросы рыболовства. – 2020. – Т. 21. №4. – С. 1 – 10.

### Монографии

1. Камчатский краб в Баренцевом море/ Б.И. Беренбойм, Н.А. Анисимова, Ю.И. Бакай, **С. В. Баканев** [и др.]; ред. Б.И. Беренбойм. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – 383 с.

2. Исследования ПИНРО в районе архипелага Шпицберген / Ю. И. Бакай, **С. В. Баканев** [и др.]; ред. М. С. Шевелев. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. – 414 с.

3. **Баканев С.В.** Динамика популяции камчатского краба в Баренцевом море (опыт моделирования). Saarbrücken: Lambert Acad. Publ. (LAP). – 2011. – 151 с.

4. Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карском морях/ **С. В. Баканев**, К.М. Соколов, В.А. Павлов, Н.А. Стрелкова [и др.]; ПИНРО. – Мурманск: ПИНРО. – 2016. – 242 с.

5. Камчатский краб в Баренцевом море/ А.В. Стесько, И.Е. Манушин, **С. В. Баканев** [и др.]; ред. В.А. Бизиков – Изд. 3-е, перераб. и доп. Москва: ФГБНУ «ВНИРО». – 2021. – 712 с.

### Публикации в других изданиях

1. **Баканев С. В.** О плодовитости камчатского краба *Paralithodes camtschatica* в Баренцевом море /С. В. Баканев // Нетрадиционные объекты морского промысла и перспективы их использования: Тезисы докладов научно-практической конференции. Мурманск: Изд-во ПИНРО. – 1997. – С. 12 – 13.

2. **Баканев С. В.** Основные репродуктивные параметры баренцевоморской популяции камчатского краба *Paralithodes camtschatica* / С. В. Баканев, О. В. Герасимова, Д. В. Матьков // Исследования промысловых беспозвоночных в Баренцевом море: Сб. науч. тр./ПИНРО. Мурманск. – 1997. – С. 5 – 14.

3. **Баканев С. В.** Результаты исследований плодовитости камчатского краба в Баренцевом море / С. В. Баканев, Д. В. Матьков // Материалы 2-ой науч. конф. Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова МГУ – М.: Изд-во Беломорской биостанции МГУ. – 1997. – С. 7 – 8
4. Беренбойм Б. И. Проблемы оценки состояния запасов северной креветки (*Pandalus borealis*) в Баренцевом море/ Б. И. Беренбойм, **С. В. Баканев** // Тез. докл. VIII съезда Гидробиол. о-ва РАН (Калининград, 16–23 сент. 2001 г.). – Калининград. – 2001. – С. 36 – 37.
5. **Баканев С. В.** Северная креветка [биологические ресурсы] / С. В. Баканев, Б. И. Беренбойм // Исследования ПИНРО в районе архипелага Шпицберген / ПИНРО. – Мурманск. – 2004. – С. 126 – 128.
6. **Баканев С. В.** Стратифицированная траловая съемка камчатского краба / С. В. Баканев, М. А. Пинчуков // Методическое пособие по проведению инструментальных съемок запасов промысловых гидробионтов в районах исследований ПИНРО. Мурманск: Изд-во ПИНРО. – 2006. – С. 85 – 88.
7. **Баканев С. В.** О возможности использования байесовского подхода для оценки запаса камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в Баренцевом море/ С. В. Баканев // Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным, VII (Мурманск, 9–13 окт. 2006 г.): памяти Б.Г. Иванова (1937 – 2006): тез. докл. М.: Изд-во ВНИРО. – 2006. – С. 49 – 51.
8. **Баканев С. В.** О перспективах российского промысла камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в Баренцевом море / С. В. Баканев, Б. И. Беренбойм // Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным, VII (Мурманск, 9–13 окт. 2006 г.): памяти Б.Г. Иванова (1937–2006): тез. докл. М.: Изд-во ВНИРО. – 2006. – С. 52–54.
9. Беренбойм Б. И. Состояние запасов и перспективы промысла беспозвоночных в Баренцевом море/ Б. И. Беренбойм, **С. В. Баканев**, П. Н. Золотарев // IX Съезд Гидробиологического общества РАН (Тольятти, 18 – 22 сент. 2006 г.): тез. докл. – Тольятти: Ин-т экологии Волж. бассейна. – 2006. – Т. 1. – С. 43.
10. **Баканев С. В.** Применение теоремы Байеса в морской биологии на примере оценки динамики численности промысловых ракообразных / С. В. Баканев // Экологические исследования беломорских организмов. (Материалы 2-й Международной конференции, 18 – 22 июля 2007 г., м. Картеш), СПб, ЗИН РАН. – 2007. – С. 11 – 12.
11. **Баканев С. В.** Реконструкция динамики численности камчатского краба в Баренцевом море на основе стохастического моделирования / С. В. Баканев // Тезисы докладов X Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования (Мурманск, 6–8 окт. 2009 г.). – Мурманск. – 2009. – С. 26 – 28
12. **Баканев С. В.** Моделирование популяционной динамики камчатского краба на основе байесовского подхода/ С. В. Баканев // Принципы экологии. – 2012. – Т. 1. № 3. – С. 4 – 23.
13. **Баканев С. В.** Расселение и оценка возможного ареала краба–стригуна (*Chionoecetes orilio*) в Баренцевом море / С. В. Баканев // Принципы экологии. – 2015. – Т. 4. № 3. – С. 27 – 39.
14. **Баканев С. В.** Современные возможности интенсификации промысла ракообразных в Баренцевом море/ С. В. Баканев// Промысловые беспозвоночные: материалы IX Всероссийской научной конференции (г. Керчь, 30 сентября – 2 октября 2020 г.). – Симферополь: ИТ “АРИАЛ”, 2020. – 7-11 с.

15. **Баканев С. В.** Крабы-вселенцы Баренцева моря и перспективы их промысла/ С. В. Баканев // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: тезисы докладов международной научной конференции, посвящённой 150-летию Севастопольской биологической станции – Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», 13 – 18 сентября 2021 г., Севастополь, Российская Федерация. – Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2021. – 572 – 573 с.

16. **Bakanev S. V.** Prospects of Russian fishery for the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the Barents Sea / S. V. Bakanev, B. I. Berenboim // ICES Symposium on Fisheries Management Strategies (Galway, Ireland, 27–30 June 2006). – 2006. – No.: SFMS–07– P. 108 – 115.

17. **Bakanev S. V.** On the Possibility of Using Bayesian Approach to Assess the Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) Stock in the Barents Sea and Spitzbergen/ S. V. Bakanev // NAFO SCR Doc. 06/070. N 5195. – 2006. – 7 pp.

18. **Bakanev S. V.** Applying the Bayesian approach in assessment of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) and northern shrimp (*Pandalus borealis*) stocks in the Barents Sea / S. V. Bakanev, B. I. Berenboim // Long term bilateral Russian-Norwegian scientific co-operation as a basis for sustainable management of living marine resources in the Barents Sea : proc. of the 12th Norwegian-Russian Symp. (Tromso, 21–22 Aug. 2007) / IMR, PINRO. Bergen: Inst. of Mar. res. – 2007. – P. 94 – 103.

19. **Bakanev S. V.** On the Assessment of the Northern Shrimp Stock in the Barents Sea / S. V. Bakanev // NAFO SCR Doc. 08/070. Ser. No. N 5682. – 2008. – 8 pp.

20. **Bakanev S.V.** Overview of new management approach for crab fisheries in Russian waters Far East and Barents Sea / S. V. Bakanev // Long term sustainable management of living marine resources in the Northern Seas : Proc. From the 17th Russ.-Norw. Symp. (Bergen, 16 – 17 Mar. 2016) / IMR, PINRO. – Bergen, 2016. – P. 16 – 18.

21. **Bakanev S.V.** Perspectives of snow crab fishery in the Russian exclusive economic zone in the Barents sea/ S.V. Bakanev, K.M. Sokolov, V.A. Pavlov // Influence of ecosystem changes on harvestable resources at high latitudes. Proceedings of the 18th Russian–Norwegian Symposium, "IMR/PINRO Joint Report Series", 2019. – P. 95 – 98.

22. **Bakanev S. V.** Russian fishery for the northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the Barents Sea in 2000–2020// NAFO SCR Doc. 20/063. Ser. No. 7137. – 2020. – 6 p.

23. Howell D. Assessing "medium data" stocks – making the best use of available data: case study of Greenland Halibut in the Barents Sea / D. Howell, E. Hallfredsson, T. Vollen, O. V. Smirnov, **S. V. Bakanev** // ICES CM 2015/A:30. – 2015. – Poster. – P.1.

24. Kaiser B.A. Spatial issues in Arctic marine resource governance workshop summary and comment/ B.A. Kaiser, **S.V. Bakanev**, R.G. Bertelsen et al. // Marine Policy. – 2015. – Vol. 58. – 5 pp.

25. Kaiser B. A. Global ecological and economic connections in Arctic and sub–Arctic crab markets/ B. A. Kaiser, M. Kourantidou, **S.V. Bakanev** et al.//Marine Policy. – 2021. – Vol. 127. – 11 p.

26. Stesko A.V. Bycatches of the red king crab in the bottom fish fishery in the Russian waters of the Barents Sea: assessment and regulations/ A.V. Stesko, **S. V. Bakanev** // ICES Journal of Marine Science. – 2021.– Vol. 78, Issue 2. – P. 575 – 583.

27. **Bakanev S. V.** Russian fishery for the northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the Barents Sea in 2000–2020 /S. V. Bakanev// NAFO SCR Doc. 20/063. Ser. No. 7137. 2020. 6 pp.